

Stoffkreisläufe an Boden- Dauerbeobachtungsflächen

Schriftenreihe, Heft 11/2019



Analyse von Kohlenstoff- und Stickstoff- kreisläufen an Boden-Dauerbeobachtungs- flächen – repräsentativen Standorten Sachsens

Ron Tannert, Dr. Natalja Barth, Christina Lausch, Anne Beuge

1	Einleitung und Zielstellung	10
2	N-Kreislauf und N-Bilanz	12
3	Untersuchungsumfang und -methodik	16
3.1	Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Sachsen	16
3.2	Untersuchungszeitraum	18
3.3	Methodik	19
3.3.1	Probenahme	19
3.3.2	Laboruntersuchungen	20
3.3.3	Bewirtschaftungsdaten	21
3.3.4	Wetterdaten	21
3.3.5	Depositionsdaten	25
3.3.6	Bodenwasserhaushaltsmodellierung	26
4	Ergebnisse Stickstoffkreislauf	29
4.1	Inputparameter	29
4.1.1	Bewirtschaftungsdaten	29
4.1.1.1	Anbaustruktur	31
4.1.1.2	N-Einträge aus mineralischer und organischer Düngung	32
4.1.2	N-Einträge Deposition	37
4.1.3	N-Zufuhr durch symbiotische N-Bindung	38
4.2	Outputparameter	39
4.2.1	N-Austräge Sickerwasser	39
4.2.1.1	Modellergebnisse Wassergehalt	39
4.2.1.2	Modellergebnisse Sickerwassermengen	41
4.2.1.3	N-Konzentrationen im Sickerwasser	47
4.2.1.4	N-Frachten mit dem Sickerwasser	49
4.2.2	Pflanzenentzug	54
4.2.2.1	N-Gehalte im Pflanzenmaterial	54
4.2.2.2	Erntemengen	54
4.2.2.3	N-Abfuhr durch Pflanzenentzug	57
4.3	Stickstoffbilanz	60
5	C-Kreislauf und C-Bilanz	67
6	Methodik	69
6.1	Das Modell REPRO	69
6.2	Humusbilanzierung in REPRO	70
7	Ergebnisse Kohlenstoffkreislauf	72
7.1	C-Austrag	72
7.1.1	C-Konzentrationen der Sickerwässer	72
7.1.2	C-Frachten mit dem Sickerwasser	73
7.2	Humusbilanz	75
8	Zusammenfassung	79
	Literaturverzeichnis	82
	Anlagen	85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Stickstoff-Kreislauf mit den beteiligten Prozessen und Pools	12
Abbildung 2:	Prinzip der N-Bilanzierung	15
Abbildung 3:	Lage der BDF in Sachsen	16
Abbildung 4:	Anzahl der BDF nach Bodengruppen	17
Abbildung 5:	Anteil der Bodentypen auf den BDF	18
Abbildung 6:	Probenahmemuster am Beispiel der BDF 13	19
Abbildung 7:	Zuordnung der BDF zu Wetter- und Ombrometerstationen.....	24
Abbildung 8:	Anbaustruktur der BDF 2012, 2013 und 2014	31
Abbildung 9:	Vergleich der Anbaustruktur 2012, 2013 und 2014 nach Bodengroßlandschaften	32
Abbildung 10:	N-Einträge durch mineralische und organische Düngung im Jahr 2012	34
Abbildung 11:	N-Einträge durch mineralische und organische Düngung nach Bodengroßlandschaften im Jahr 2012	34
Abbildung 12:	N-Einträge durch mineralische und organische Düngung im Jahr 2013	35
Abbildung 13:	N-Einträge durch mineralische und organische Düngung nach Bodengroßlandschaften im Jahr 2013	35
Abbildung 14:	N-Einträge durch mineralische und organische Düngung im Jahr 2014	36
Abbildung 15:	N-Einträge durch mineralische und organische Düngung nach Bodengroßlandschaften im Jahr 2014	36
Abbildung 16:	Atmosphärische N-Deposition 2012, 2013 und 2014 auf BDF II-Standorten	37
Abbildung 17:	Gemessene N-Mengen im Jahr 2013 auf der BDF 43	38
Abbildung 18:	N-Zufuhr durch symbiotische N-Bindung 2012, 2013 und 2014 auf Grünland- und Leguminosenstandorten.....	39
Abbildung 19:	Wassergehaltsabweichungen der Oberböden 2012, 2013 und 2014	40
Abbildung 20:	Wassergehaltsabweichungen der Unterböden 2012, 2013 und 2014.....	41
Abbildung 21:	Modellierte Sickerwassermenge aus 60 cm Tiefe im Jahr 2012	41
Abbildung 22:	Räumliche Darstellung der Sickerwassermengen aus 60 cm der einzelnen BDF-Standorte im Jahr 2012	42
Abbildung 23:	Modellierte Sickerwassermenge aus 60 cm Tiefe im Jahr 2013	42
Abbildung 24:	Räumliche Darstellung der Sickerwassermengen aus 60 cm der einzelnen BDF-Standorte im Jahr 2013	43
Abbildung 25:	Modellierte Sickerwassermenge aus 60 cm Tiefe im Jahr 2014	43
Abbildung 26:	Räumliche Darstellung der Sickerwassermengen aus 60 cm der einzelnen BDF-Standorte im Jahr 2014	44
Abbildung 27:	Abweichung der Niederschläge vom Normalwert 1961 bis 1990 in Deutschland im Jahr 2012, im Jahr 2013 und im Jahr 2014.....	45
Abbildung 28:	Zusammenhang zwischen Niederschlags- und Sickerwassermenge	46
Abbildung 29:	Prozentualer Anteil des Sickerwassers am Niederschlag zu verschiedenen Jahreszeiten (dreijähriger Mittelwert 2012 bis 2014)	47
Abbildung 30:	N-Gesamtkonzentrationen im Sickerwasser im Jahr 2012.....	48
Abbildung 31:	N-Gesamtkonzentrationen im Sickerwasser im Jahr 2013.....	48
Abbildung 32:	N-Gesamtkonzentration im Sickerwasser im Jahr 2014	49
Abbildung 33:	N-Frachten mit dem Sickerwasser aus 60 cm Tiefe im Jahr 2012	50
Abbildung 34:	Räumliche Darstellung der N-Frachten mit dem Sickerwasser aus 60 cm Tiefe im Jahr 2012 ...	50
Abbildung 35:	N-Frachten mit dem Sickerwasser aus 60 cm Tiefe im Jahr 2013	51

Abbildung 36:	Räumliche Darstellung der N-Frachten mit dem Sickerwasser aus 60 cm Tiefe im Jahr 2013 ...	51
Abbildung 37:	N-Frachten mit dem Sickerwasser aus 60 cm Tiefe im Jahr 2014	52
Abbildung 38:	Räumliche Darstellung der N-Frachten mit dem Sickerwasser aus 60 cm Tiefe im Jahr 2014 ...	52
Abbildung 39:	Korrelation zwischen N-Fracht und N-Konzentration sowie zwischen N-Fracht und Sickerwassermenge	53
Abbildung 40:	Durchschnittliche und maximal erzielbare Erträge der dominierenden Fruchtarten	57
Abbildung 41:	N-Abfuhr durch Pflanzenentzug im Jahr 2012	57
Abbildung 42:	Räumliche Darstellung der N-Abfuhr durch Pflanzenentzug im Jahr 2012	58
Abbildung 43:	N-Abfuhr durch Pflanzenentzug im Jahr 2013	58
Abbildung 44:	Räumliche Darstellung der N-Abfuhr durch Pflanzenentzug im Jahr 2013	59
Abbildung 45:	N-Abfuhr durch Pflanzenentzug im Jahr 2014	59
Abbildung 46:	Räumliche Darstellung der N-Abfuhr durch Pflanzenentzug im Jahr 2014	60
Abbildung 47:	N-Salden im Jahr 2012	61
Abbildung 48:	Histogramm der N-Salden im Jahr 2012	61
Abbildung 49:	N-Salden im Jahr 2013	62
Abbildung 50:	Histogramm der N-Salden im Jahr 2013	63
Abbildung 51:	N-Salden im Jahr 2014	63
Abbildung 52:	Histogramm der N-Salden im Jahr 2014	64
Abbildung 53:	Dreijährige N-Salden (2012 bis 2014)	65
Abbildung 54:	Histogramm der N-Salden im dreijährigen Mittel (2012 bis 2014)	65
Abbildung 55:	Dreijährige N-Salden (2012 bis 2014) nach DüV 2007	66
Abbildung 56:	Schema des Kohlenstoffkreislaufs im Ackerbausystem	67
Abbildung 57:	Aufbau des Programms REPRO	70
Abbildung 58:	C-Konzentrationen im Sickerwasser im Jahr 2012	72
Abbildung 59:	C-Konzentrationen im Sickerwasser im Jahr 2013	73
Abbildung 60:	C-Konzentrationen im Sickerwasser im Jahr 2014	73
Abbildung 61:	C-Frachten mit dem Sickerwasser im Jahr 2012	74
Abbildung 62:	C-Frachten mit dem Sickerwasser im Jahr 2013	74
Abbildung 63:	C-Frachten mit dem Sickerwasser im Jahr 2014	74
Abbildung 64:	Humusbedarf nach REPRO auf Grundlage der Humusbilanzen im erweiterten Modus (vierjähriger Mittelwert 2011 bis 2014)	75
Abbildung 65:	Humusersatzleistung der organischen Dünger nach REPRO auf Grundlage der Humusbilanzen im erweiterten Modus (vierjähriger Mittelwert 2011 bis 2014)	76
Abbildung 66:	Humussalden nach REPRO auf Grundlage der Humusbilanz im erweiterten Modus (vierjähriger Mittelwert 2011 bis 2014)	76
Abbildung 67:	Humussalden nach VDLUFA mit unteren und oberen Werten (vierjähriger Mittelwert 2011 bis 2014)	77
Abbildung 68:	Histogramm der Humussalden nach verschiedenen Bilanzierungsverfahren (vierjähriger Mittelwert 2011 bis 2014)	77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Untersuchungszeitraum der Probenahme	18
Tabelle 2:	Bestimmte Parameter zum jeweiligen Probenahmezyklus	20
Tabelle 3:	Untersuchungsmethoden der Parameter	20
Tabelle 4:	Zuordnung von Niederschlagsmessstationen zu den BDF-Standorten	22
Tabelle 5:	Extraterrestrische Strahlung in Abhängigkeit von der geographischen Breite, bezogen auf die Monatsmitte	25
Tabelle 6:	Maximal mögliche tägliche Sonnenscheindauer in Abhängigkeit von der geographischen Breite, bezogen auf die Monatsmitte	25
Tabelle 7:	Wesentliche Eingabewerte des Modells BOWAM-06	27
Tabelle 8:	Prozentuale Korrekturen der Niederschlagswerte	27
Tabelle 9:	Übersicht der Hauptbewirtschaftungsdaten der BDF	29
Tabelle 10:	Mittlere dreijährige N-Gehalte ausgewählter Ackerkulturen zur Zeit der Ernte	54
Tabelle 11:	Überblick über die Höhe der Erntemengen 2012, 2013 und 2014	55
Tabelle 12:	Verteilung und Vergleich der Humusbilanzklassen nach VDLUFA für BDF und DTF	78

Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Beispiel Datenblatt (BDF 1 – Zyklus 3 / 2012)	85
Anlage 2:	Probeliste Zyklus 1 / 2012, 2013, 2014	86
Anlage 3:	Probeliste Zyklus 2 / 2012, 2013, 2014	92
Anlage 4:	Probeliste Zyklus 3 / 2012, 2013, 2014	98
Anlage 5:	Bewirtschaftungsdatenblatt, Teil 1	104
Anlage 6:	Bewirtschaftungsdatenblatt, Teil 2	105
Anlage 7:	Modellrelevante geographische und pedologische Parameter	106
Anlage 8:	Übersicht der gemessenen und modellierten Wassergehalte der Oberböden 2012	109
Anlage 9:	Übersicht der gemessenen und modellierten Wassergehalte der Unterböden 2012	110
Anlage 10:	Übersicht der gemessenen und modellierten Wassergehalte der Oberböden 2013	111
Anlage 11:	Übersicht der gemessenen und modellierten Wassergehalte der Unterböden 2013	112
Anlage 12:	Übersicht der gemessenen und modellierten Wassergehalte der Oberböden 2014	113
Anlage 13:	Übersicht der gemessenen und modellierten Wassergehalte der Unterböden 2014	114
Anlage 14:	Gemessene und modellierte Wassergehalte der Ober- und Unterböden sowie Niederschlagssummen aller BDF im Jahresverlauf	115
Anlage 15:	Übersicht BDF Stickstoffinput, -output, -saldo	143

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AHL	Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung
Bd.	Band
BDF	Boden-Dauerbeobachtungsfläche
BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
BGL	Bodengroßlandschaft
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Bra	Brache
C	Kohlenstoff
CCB	CANDY Carbon Balance
C _{org}	organischer Kohlenstoff
d	Tag
DAP	Diammonphosphat
dB	Trockenrohdichte
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DOC	dissolved organic carbon (gelöster organischer Kohlenstoff)
DTF	Dauertestflächen
DüV	Düngeverordnung
DWD	Deutscher Wetterdienst
Erd	Erdbeeren
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
F	Frucht
FB	Fachbereich
GPS	Global Positioning System
GPV	Gesamtporenvolumen
GR	Grünland
GW	Grundwasser
Haf	Hafer
J	Joule
k. A.	keine Angabe
Kar	Kartoffel
KA5	Bodenkundliche Kartieranleitung
KAS	Kalkammonsalpeter
kf	gesättigte Wasserleitfähigkeit
KM	Körnermais
Ld	effektive Lagerungsdichte
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LTV	Landestalsperrenverwaltung
Luz	Luzerne
min.	mineralisch
MW	Mittelwert
N	Stickstoff
nFK	nutzbare Feldkapazität
NHK	Nordhalbkugel

NH ₄ -N	Ammoniumstickstoff
NN	Normalnull
NO ₂ -N	Nitritstickstoff
NO ₃ -N	Nitratstickstoff
NPK	Mehrnährstoffdünger (Stickstoff-Phosphat-Kalium)
O	Ombrometerstation
OB	Oberboden (0-30 cm)
org.	organisch
PWP	permanenter Welkepunkt
R	Restpflanze
SB	Sonnenblumen
SGe	Sommergerste
SM	Silomais
Sp	Spargel
SW	Sommerweizen
Tri	Triticale
TS	Trockensubstanz
TSp	Talsperre
ü.	über
UB	Unterboden (30-60 cm)
UBA	Umweltbundesamt
v. a.	vor allem
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
WG	Wassergehalt
WGe	Wintergerste
WRa	Winterraps
WRo	Winterroggen
WW	Winterweizen
ZR	Zuckerrübe

1 Einleitung und Zielstellung

Im Rahmen des Gesamtvorhabens „Erfassung und Optimierung von Kohlenstoff- und Stickstoffkreisläufen unterschiedlicher Anbausysteme unter Beachtung von Klimawandel und EU-WRRL“ mit dem Ziel, Strategien für die langfristige Sicherung der Ertragsfähigkeit der Böden im Einklang mit einer ökologisch nachhaltigen und ökonomisch effizienten Flächennutzung zu erarbeiten, wurden zwei Vorhabenschwerpunkte betrachtet. Zum einen stand die Optimierung betrieblicher Kohlenstoff- und Stickstoffkreisläufe unterschiedlicher Anbausysteme im Fokus, zum anderen sollte die Dynamik des Verhaltens von Kohlen- und Stickstoff auf den Boden-Dauerbeobachtungsflächen von Sachsen untersucht werden.

Ziel des innerhalb des Gesamtvorhabens initiierten Teilprojektes „Analyse von Kohlenstoff- und Stickstoffkreisläufen an repräsentativen Standorten (BDF) Sachsens“ ist es, auf der Grundlage mehrjähriger Datenerhebungen Bilanzsalden für Kohlen- und Stickstoff zu erstellen, die sowohl als wichtige Indikatoren für die Bodenfruchtbarkeit eines Standortes als auch für zurzeit stattfindende oder zukünftige Stoffausträge (EU-WRRL) aus dem Boden in die Umwelt dienen. Beste Voraussetzung hierfür bieten die zum Teil seit über 15 Jahren mit Messreihen zahlreicher Parameter detailliert hinterlegten BDF Sachsens. Der flächendeckend vorhandene BDF-Datenpool ermöglicht gute Bilanzierungsmöglichkeiten der Eintrags- (Düngung, Deposition) und Austragspfade (Sickerwasser, Ernteentzug) und bildet somit die Grundlage für das vorliegende Forschungsprojekt. Anhand der Wechselwirkungen zwischen den Kompartimenten Boden, Klima und Wasser sowie durch den Einfluss der Bewirtschaftung können die Dynamik und Tendenzen der Stoffkreisläufe auf den sächsischen BDF abgeleitet und bewertet werden.

Für das Teilprojekt wurden folgende Arbeitsschritte von 2012 bis 2014 definiert:

- Jährliche Probenahme (Pflanze und Boden) und deren Untersuchung auf den BDF in drei Zyklen. Die Bestimmung der erforderlichen Parameter erfolgte in den Laboren der BfUL. Dabei wurden die Bodenproben vom FB 51 (Bodenanalytik) und die Pflanzenproben vom FB 61 (Produktionsmittel) analysiert
- Recherche, Plausibilitätsprüfung und Strukturierung der jeweiligen Bewirtschaftungs- und Wetterdaten der BDF für oben genannten Zeitraum
- Auswertung der erhobenen Kohlen- und Stickstoffdaten der Böden, Pflanzen und Sickerwässer der BDF
- Modellierung des Bodenwasserhaushalts der BDF anhand der erfassten Daten
- Bilanzierung der Kohlen- und Stickstoffkreisläufe anhand der erfassten Daten innerhalb der Bodenlandschaften Sachsens

Das Gesamtprojekt, mit einer Laufzeit von Anfang 2012 bis Ende 2015, wurde in mehreren Projektphasen bearbeitet. Zur ersten Projektphase, bis Ende des Jahres 2013, gehörten die Vorbereitung und Planung der jährlichen Probenahme auf den BDF. Hierzu zählten unter anderem die zeitliche und räumliche Organisation der Flächenbehebungen sowie die Absprache mit den Bewirtschaftern, die Analyse der jeweiligen Standortbedingungen und -charakteristika der BDF, die Erstellung von BDF-Datenblättern, aber auch die gemeinsame Koordination mit den Labors der BfUL hinsichtlich Probenübergabe, -lagerung und -analyse. Einen weiteren Schwerpunkt zu Beginn des Forschungsvorhabens stellte die Beschaffung projektrelevanter Daten dar. Hierzu gehörten zum einen die Bewirtschaftungsdaten, welche mittels eigens vorgedruckten Datenblättern von den entsprechenden Landwirten bzw. Agrarbetrieben eingeholt wurden. Zum anderen mussten den BDF Wetterstationen zugeordnet werden, um so deren klimatische Charakteristika auszuweisen. Die jeweiligen Wetterdaten wurden dabei bei verschiedenen zuständigen Institutionen abgefragt.

Im weiteren Fokus der Untersuchung lag die Modellierung des Bodenwasserhaushalts der sächsischen BDF. Hierbei kam das Modell BOWAM zum Einsatz. Aufgrund der Komplexität und Vielschichtigkeit von Wassertransport- und -speicherprozessen innerhalb der Bodenzone war zunächst auch eine intensive Auseinandersetzung und Einarbeitung in das Bodenwasserhaushaltsmodell BOWAM nötig. Somit konnten entsprechend sichere Simulationsrechnungen durchgeführt und das Risiko für grobe Fehlberechnungen und folglich auch Fehlinterpretationen minimiert werden. Letztlich konnte die Untersuchungsmethodik getestet und validiert werden, so dass erste Daten und Ergebnisse bezüglich der Stickstoffkreisläufe für das Bewirtschaftungsjahr 2012 ausgewertet werden konnten.

In einer zweiten Projektphase, von März 2014 bis Ende November 2014, wurden die noch fehlenden Daten aus dem Bewirtschaftungsjahr 2012 ergänzt und abschließend aufbereitet. Zudem erfolgte die Bearbeitung der o. g. Arbeitsschritte für das Bewirtschaftungsjahr 2013. Weiterer Schwerpunkt der vorliegenden Untersuchung war die Erfassung und Analyse der Kohlenstoffkreisläufe auf den BDF. Neben der Betrachtung des C-Austrages mit dem Sickerwasser, stand hier insbesondere die Humusbilanzierung im Vordergrund. Durchgeführt wurde diese mit dem Bilanzierungsmodell REPRO. Wie schon beim Bodenwasserhaushaltsmodell BOWAM, war auch hier zunächst eine Vertiefung in die einzelnen Modellkomponenten nötig. Um die Aussagekraft der jeweiligen Humussalden auf den Flächen zu erhöhen, wurden zusätzlich die Bewirtschaftungsdaten aus dem Jahr 2011 mit berücksichtigt. Am Ende des zweiten Projektabschnittes konnten für jede einzelne Fläche zweijährige N-Bilanzen sowie dreijährige Humussalden erstellt werden.

In der letzten Projektphase, von Anfang des Jahres 2015 bis Ende November 2015, wurden die Daten des Bewirtschaftungsjahres 2014 erfasst und ausgewertet. Neben der Einzeljahres-Auswertung war es nun auch möglich, die BDF in Hinblick auf die Stickstoff- und Kohlenstoffdynamik im Jahresvergleich zu betrachten. Durch die zusammenfassende Auswertung der drei- bzw. vierjährigen Stickstoff- bzw. Kohlenstoffsalden konnten Tendenzen der Stoffkreisläufe auf den BDF abgeleitet werden.

2 N-Kreislauf und N-Bilanz

Mit ihrem hohen N_2 -Gehalt stellt die Atmosphäre mit Abstand das größte N-Reservoir dar. Für Pflanzen ist der Stickstoff in dieser Form jedoch nicht verfügbar und wird daher durch die biologische N_2 -Bindung in den Boden gebracht und hier durch verschiedene Prozesse in organische und anorganische Verbindungen überführt und schließlich wieder in Form verschiedener Gase in die Atmosphäre abgegeben (Abbildung 1)

Zu den wichtigsten Prozessen, die sich im Boden im Zusammenhang mit Stickstoff abspielen, gehören die Ammonifikation, die Nitrifikation und die Denitrifikation. Als Ammonifikation wird die mikrobielle Umwandlung von organischen N-Verbindungen zu Ammonium bezeichnet. Das austauschbare Ammonium (NH_4) wird teilweise direkt von den Pflanzen aufgenommen, von Mikroorganismen in organische N-Verbindungen überführt (immobilisiert) oder in silicatreichen Böden durch Tonminerale fixiert. Der größte Teil des Ammoniums wird allerdings nitrifiziert, das heißt durch Mikroorganismen unter aeroben Bedingungen in Nitrit und anschließend in Nitrat umgewandelt. Liegt Stickstoff in dieser Form vor, ist dieser v. a. im Winterhalbjahr, während der Periode der Sickerwasserbildung, stark auswaschungsgefährdet. Herrschen anaerobe Verhältnisse im Boden, kommt es zur Denitrifikation, bei der Nitrat zu gasförmigen N-Verbindungen reduziert wird und aus dem Boden entweicht.

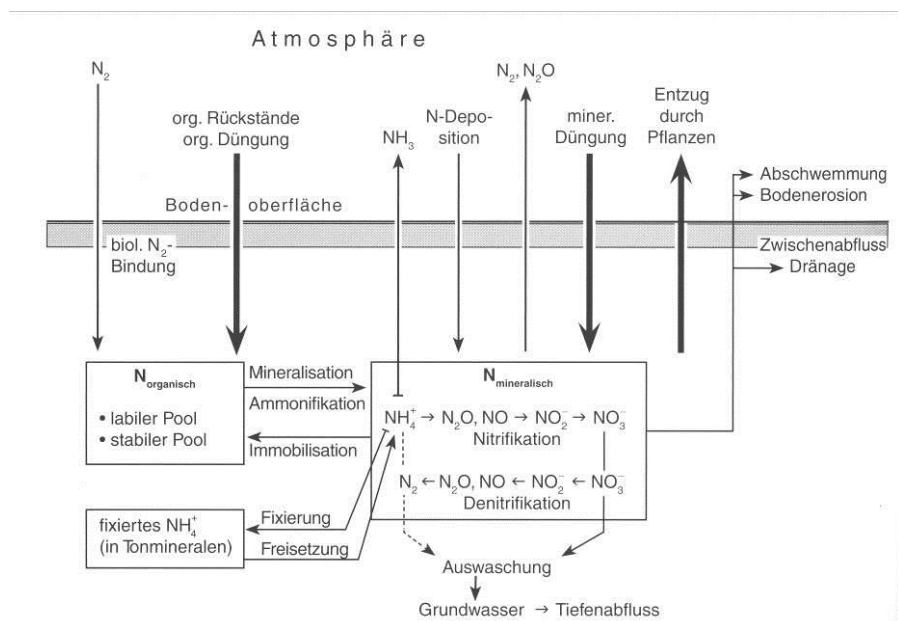


Abbildung 1: Stickstoff-Kreislauf mit den beteiligten Prozessen und Pools

(Quelle: Scheffer, Schachtschabel 2010)

In Anlehnung an Abbildung 1 sind für landwirtschaftlich genutzte Flächen die wesentlichen Haupteintrags- und Austragspfade von Stickstoff im Folgenden kurz dargestellt.

N-Zufuhr

Die weitaus größten N-Einträge auf landwirtschaftlich genutzten Flächen erfolgen durch den Einsatz mineralischer und organischer Düngemittel. Nach IVA (2014) lag der Mineraldüngeraufwand im Düngjahr 2013/14 in Deutschland bei durchschnittlich 100,3 kg N/ha. Die Dauertestflächen als repräsentative Basis für Sachsen wiesen im Jahr 2010 hingegen, mit steigender Tendenz, fast 130 kg N/ha auf, wodurch der Mineral-N-Einsatz deutlich über den Werten für Deutschland liegt (vgl. REINICKE UND WURBS 2012). Ähnliche N-Einträge sind daher auch auf den BDF zu erwarten.

N-Zuführen aus organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln, einschließlich Wirtschaftsdüngern, auch in Mischungen, dürfen nur so aufgebracht werden, dass im Durchschnitt der landwirtschaftlich genutzten Flächen des Betriebes 170 kg Gesamt-N/ha und Jahr nicht überschritten werden (vgl. DÜV 2017). Nach dem BMELV (2014) lag der durchschnittliche N-Eintrag im Jahr 2013 bundesweit bei etwa 53 kg/ha. Untersuchungen zum Stickstoff-Management sächsischer Praxisbetriebe zeigten zum Teil N-Einträge durch Wirtschaftsdünger in Höhe von 150 kg/ha (vgl. HEINITZ ET AL. 2010).

Des Weiteren resultieren Einträge aus N-Immissionen. Die atmogene N-Deposition, d. h. der Eintrag von gebundenem Stickstoff aus der Atmosphäre in das System Boden-Pflanze, liegt in Deutschland bei durchschnittlich 28-30 kg N/ ha und Jahr mit einer Variationsbreite von 5-132 kg N/ ha und Jahr (vgl. FRANKO 2002, SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 2010). Für Mitteldeutschland werden Depositionszuführen von 10-30 kg N/ ha und Jahr angenommen (vgl. WENDLAND 1992, BECKMANN ET AL. 2001, HEINITZ ET AL. 2010, TLL 2013). Untersuchungen zur nassen und festen Deposition von Stickstoff auf landwirtschaftlichen Stationen Sachsens von 1998 bis 2001 ergaben einen Durchschnittswert von 17 kg N/ ha und Jahr (LIPPOLD UND ALBERT 2003).

Ferner sorgt die symbiotische N-Bindung beim Anbau von Leguminosen dafür, dass Stickstoff in den Boden eingetragen wird. Die Ableitung einer legumen N-Bindung erfolgt dabei in Abhängigkeit von der Fruchtartengruppe und dem Ertrag. Da die fixierte N-Menge durch zahlreiche Faktoren wie Einstrahlung, Niederschlag, Temperatur, N-Umsetzung im Boden und der Düngung beeinflusst wird, kann deren Höhe nur näherungsweise geschätzt werden. Bei reinem Leguminosenanbau kann davon ausgegangen werden, dass über 200 kg N/ ha und Jahr im Boden gebunden werden, auf Grünlandstandorten liegt die geschätzte N-Menge zwischen 3 und 25 kg N/ ha und Jahr (vgl. SLFL 2007).

Ausscheidungen von Weidetieren sorgen ebenfalls für einen N-Eintrag in den Boden. Die düngungswirksame N-Menge ist dabei von der Tierart, der Anzahl der Tiere sowie der Anzahl der Weidetage abhängig. Da die BDF nur in einem sehr geringen Umfang als Weideflächen genutzt werden, spielen diese N-Einträge in der vorliegenden Untersuchung eine eher untergeordnete Rolle, fließen aber dennoch mit in die N-Bilanzierung ein.

Darüber hinaus stellt auch die N-Nachlieferung aus dem labilen N-Bodenvorrat durch Mineralisation eine N-Quelle dar. Nach SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (2010) werden auf diesem Wege ca. 20-80 kg N/ ha und Jahr nachgeliefert, nach KOLBE ET AL. (2013) kann die Höhe der durchschnittlichen N-Mineralisation aus Dauerversuchen sogar 90 kg N/ ha und Jahr betragen, wobei die Standardabweichung mit 90 kg N/ ha und Jahr gekennzeichnet ist. Da die Prognose der N-Nachlieferung nach wie vor jedoch noch mit erheblicher Unsicherheit behaftet ist, wurde die N-Mineralisierung nicht mit in die N-Bilanzierung einbezogen.

N-Abfuhr

Die höchsten N-Austräge resultieren aus dem Entzug der Pflanzen bei Abfuhr der Ernteprodukte. Sie sind abhängig von der angebauten Frucht und vom Ertrag an einem Standort. Die Stickstoffmenge, die von der landwirtschaftlichen Nutzfläche entzogen wird, lässt sich aus den Erntemengen und deren jeweiligen Stoffgehalten ermitteln (vgl. WENDLAND 1992). Die N-Abfuhr über das pflanzliche Erntegut schwanken dabei erheblich. Ergebnisse der Brandiser Lysimeterversuche bspw. zeigten, dass die N-Entzüge bei Wintergetreide zwischen 50 und 250 kg N/ ha und Jahr und bei Mais zwischen 100 und 180 kg N/ ha und Jahr variieren (vgl. LFUG 2001). Die N-Abfuhr bei Hackfrüchten, Körnermais oder Ackerfutter können jedoch aufgrund der höheren Erträge deutlich darüber liegen.

N-Austräge erfolgen zudem durch Auswaschung mit dem Sickerwasser. Dabei werden die Nährstoffe vom Oberboden in den Unterboden verlagert, wobei die Höhe der Verlagerung abhängig von der Nährstoffkonzentration im Sickerwasser und der Sickerwassermenge ist. Die Sickerwassermenge wird hier durch die Höhe der Nieder-

schläge, die Wasserspeicherkapazität der Böden sowie den Wasserverbrauch der Pflanzen bestimmt. Die N-Konzentration im Sickerwasser hängt neben klimatischen und pedologischen Verhältnissen insbesondere von der Art und Intensität der Bodennutzung ab. In der Literatur schwanken die Angaben zu N-Auswaschungsverlusten zwischen 0 und 421 kg N/ ha und Jahr (vgl. LFUG 2001, HIRT 2002, SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 2010, TLL 2013).

Ferner kann es zu N-Verlusten in Folge von Bodenerosion sowie durch Entweichen gasförmiger Verbindungen in die Atmosphäre kommen. Da diese Austragspfade entweder mengenmäßig von unerheblicher Bedeutung sind oder nicht mit hinreichender Zuverlässigkeit erfasst werden können, wurden sie in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt.

N-Bilanz

Nährstoffbilanzen sind ein geeignetes Instrument zur Überprüfung des Nährstoffeinsatzes und zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit eines Landnutzungssystems. So wird der N-Saldo u. a. als wichtiger Indikator für die Gefahr des N-Austrages aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in die Gewässer gesehen (vgl. TLL 2013). Um diesen Gefahren vorzubeugen gibt die Düngeverordnung vor, dass der betriebliche Nährstoffüberschuss ab 2011 im Mittel von drei Jahren 60 kg N/ ha und Jahr nicht überschreiten darf (vgl. DÜV 2007). Bei Einhaltung dieses Wertes wird davon ausgegangen, dass entsprechend der guten fachlichen Praxis gedüngt wurde.

Die N-Bilanzierung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen kann je nach Betrachtungsebene und Datenverfügbarkeit auf der Ebene des Betriebes (Hoftorbilanz oder Gesamtbetriebliche Bilanz), des Feldes (Flächenbilanz, Feldbilanz oder Schlagbilanz) und des Stalls (Stallbilanz) erfolgen (vgl. TLL 2013). Je nach Bilanzierungsmethode ergeben sich so unterschiedliche N-Salden.

Untersuchungen anhand langjähriger Lysimetermessungen in Mittel- und Nordostdeutschland, die annähernd auf der Bilanzierungsmethode nach BACH ET AL. (2011) beruhen, ergaben in Einzelfällen N-Zufuhr-Abfuhr-Salden zwischen -112 und +443 kg N/ ha und Jahr (vgl. ebd.). Verschiedene Untersuchungen zu N-Bilanzen mit Hilfe von Modellen wie CANDY Carbon Balance (CCB) (FRANKO ET AL. 2011), REPRO (HÜLSBERGEN 2003) oder BEFU (FÖRSTER 2013) ergaben ebenfalls zum Teil hohe Schwankungsbreiten der N-Salden (vgl. HEINITZ ET AL. 2010, KOLBE 2012, REINICKE UND WURBS 2012). Auch KOLBE ET AL. (2013) weisen darauf hin, dass die aus Dauerversuchen ermittelten N-Salden über einen sehr großen Wertebereich verteilt sind.

Bei der in dieser Untersuchung angewandten standortbezogenen N-Bilanzierung wurde der Nährstoffzufuhr die Nährstoffabfuhr jeder BDF gegenübergestellt. Die N-Zufuhrquellen umfassen die mineralischen und organischen Düngemittel sowie die düngungswirksamen Ausscheidungen der Weidetiere, die N-Immissionen und die symbiotische N-Fixierung auf Grünlandstandorten bzw. beim Anbau von Leguminosen. Die N-Abfuhr wurde aus den N-Entzugswerten der Ernteprodukte sowie aus der N-Auswaschung mit dem Sickerwasser errechnet. Der Saldo ergibt sich aus der Differenz der N-Zufuhr und der N-Abfuhr (Abbildung 2). N-Zufuhren durch Mineralisation und N-Verluste in Folge von Erosionsprozessen sowie durch Entweichen gasförmiger Verbindungen wurden nicht berücksichtigt.

N-Zufuhr	-	N-Abfuhr	=	N-Saldo
<ul style="list-style-type: none"> • mineralische Düngemittel • organische Düngemittel • N-Immission • symbiotische N-Bindung • Ausscheidungen Weidetiere 		<ul style="list-style-type: none"> • pflanzliche Ernteprodukte • N-Fracht mit dem Sickerwasser aus 60 cm 		

Abbildung 2: Prinzip der N-Bilanzierung

3 Untersuchungsumfang und -methodik

3.1 Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Sachsen

Zum Zweck der Überwachung des Bodenzustandes und der Ableitung von Prognosen zu seiner zukünftigen Entwicklung werden im Freistaat Sachsen Boden-Dauerbeobachtungsflächen untersucht. Sie sollen Informationen über langfristige Veränderungen von Böden an unterschiedlichen Standorten liefern.

Für die Analyse der Kohlenstoff- und Stickstoffkreisläufe an repräsentativen Standorten wurden daher alle BDF in Sachsen untersucht, da diese bereits über einen gut ausgestatteten Datenpool verfügen (vgl. BARTH ET AL. 2011, BARTH UND FORBERG 2013). Insgesamt handelt es sich gegenwärtig um 55 BDF, die flächendeckend im Freistaat verteilt sind und somit den bundesweit abgestimmten Repräsentanzkriterien (vgl. BARTH ET AL. 2000) entsprechen (Abbildung 3). Dabei werden sie in zwei Kategorien unterteilt (vgl. BARTH ET AL. 2012):

- BDF I repräsentieren gebietstypische Böden. Sie liefern grundlegende Informationen über ihren stofflichen Zustand sowie ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften.
- BDF II werden zunächst analog zu BDF I überwacht, dementsprechend liegen die gleichen Grundinformationen vor. Die ausgewählten Standorte besitzen jedoch aus Sicht des Bodenschutzes besondere Bedeutung (Immissionsbelastung, Empfindlichkeit, usw.). Sie sind daher dauerhaft mit Messgeräten ausgestattet, die in kurzen Zyklen Ergebnisse zu verschiedenen Parametern wie Wassergehalt, Temperatur, Niederschläge und Inhaltsstoffe des Sickerwassers liefern und werden auch als Intensivmessflächen bezeichnet.

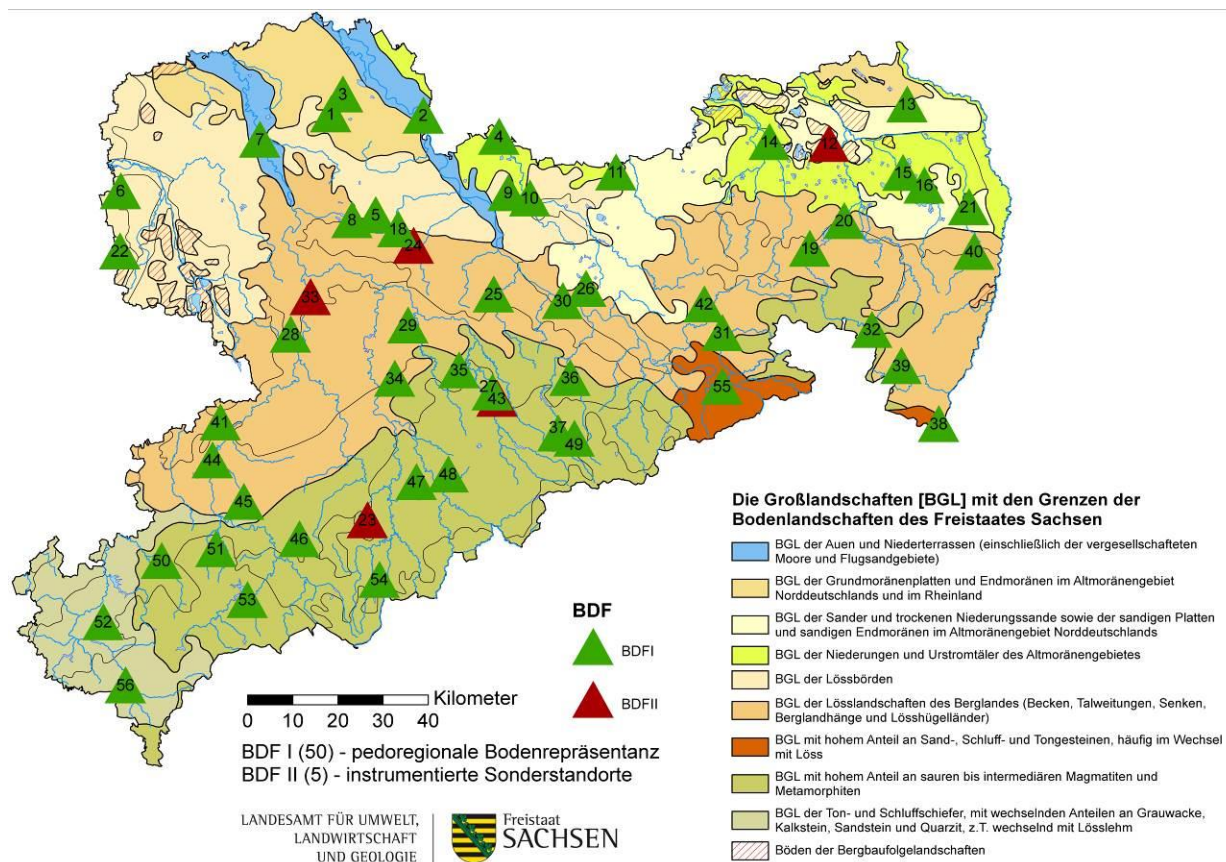


Abbildung 3: Lage der BDF in Sachsen

Abbildung 3 zeigt die Lage und Verteilung der BDF in Sachsen. Dabei liegen die Flächen in zehn verschiedenen Bodengroßlandschaften. In der vorliegenden Untersuchung wurden diese, der besseren Übersichtlichkeit halber, zu vier Bodengruppen zusammengefasst (Abbildung 4). Demnach liegen insgesamt knapp drei Viertel der BDF im Bereich der sächsischen Lössgebiete bzw. sind den Berg- und Hügelländern zuzuordnen. Ein Viertel der Flächen verteilen sich auf Auenbereiche und sandige Standorte.

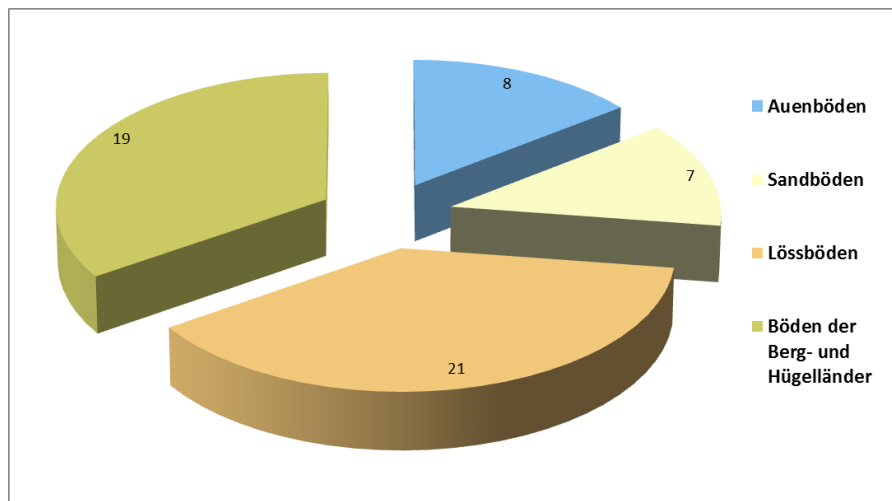


Abbildung 4: Anzahl der BDF nach Bodengruppen (vereinfacht)

Um welche Bodentypen es sich auf den BDF handelt ist in Abbildung 5 dargestellt. Insgesamt acht verschiedene Bodentypen können hier vereinfacht nach charakteristischen Horizonten und Horizontabfolgen unterschieden werden. So ist knapp die Hälfte aller BDF den Pseudogleyen und Braunerden zuzuordnen. Ein Viertel der Flächen machen Podsole und Parabraunerden aus. Ein weiteres Viertel der BDF entfällt auf die Bodentypen Vega, Gley, Tschernosem und Regosol. Weitere Differenzierungen in Bodensubtypen ergeben sich aus den spezifischen pedogenen Prozessen sowie den physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften der Ober- und Unterbodenhorizonte¹.

¹ Detailliertere Informationen zur Lage, zum Profilaufbau und zu Kenngrößen und Eigenschaften der einzelnen BDF sind der Standortcharakteristika des Boden-Dauerbeobachtungsprogramms des LfULG Sachsens zu entnehmen (vgl. BARTH UND FORBERG 2013)

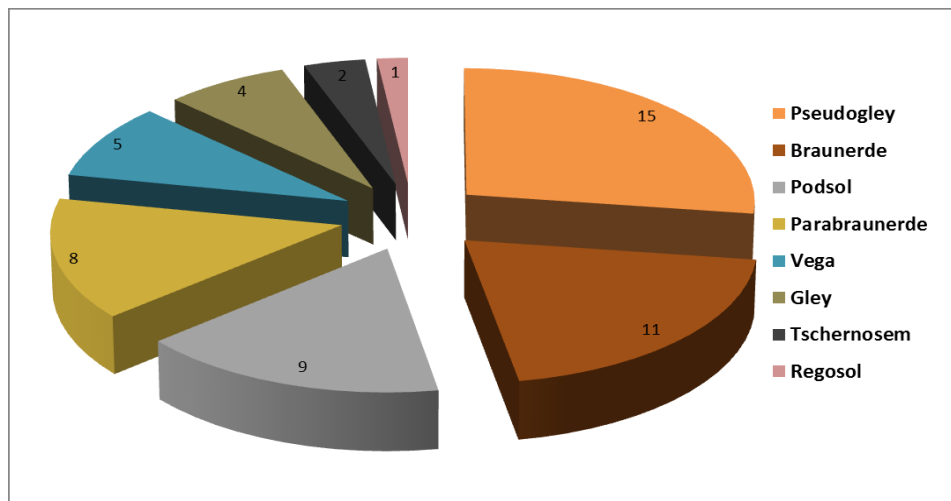


Abbildung 5: Anteil der Bodentypen auf den BDF (vereinfacht)

3.2 Untersuchungszeitraum

Der Untersuchungszeitraum lag zwischen dem Anfang des Jahres 2012 und dem Ende des Jahres 2014 und umfasste somit insgesamt drei Jahre. Alle BDF wurden an drei Terminen im Jahr beprobt. Der erste Probenahmezyklus (Z1) erfolgte jeweils im Frühjahr², der zweite Probenahmezyklus (Z2) fand kurz vor der Ernte (Sommer) statt und die dritte Probenahme (Z3) wurde im Herbst durchgeführt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Untersuchungszeitraum der Probenahme

Jahr	Zyklus 1 (Z1)	Zyklus 2 (Z2)	Zyklus 3 (Z3)
2012	15.03. - 08.05.	06.06. - 18.09.	13.10. - 21.11.
2013	22.04. - 31.05.	04.07. - 27.09.	06.10. - 11.11.
2014	03.03. - 27.03.	11.06. - 17.09.	20.10. - 13.11.

Die Auswahl der Probenahmezeiträume richtete sich vor allem nach den erforderlichen Parametern Wassergehalt, Sickerwasserinhaltsstoffen und Pflanzeninhaltsstoffen (Tabelle 2). So sollten im Zyklus 1 Wassergehalte ermittelt werden, welche den Boden bei voller Wassersättigung widerspiegeln. Auch zum dritten Zyklus wurde davon ausgegangen, dass sich die Böden allmählich wieder mit Wasser auffüllen und daher hohe Wassergehalte zu erwarten sind. Zyklus 2 wurde gewählt unter der Annahme, dass sehr trockene Standortverhältnisse auf den BDF vorherrschen und daher niedrige Wassergehalte ermittelt werden. Zudem befinden sich die angebauten Fruchtarten in diesem Zeitraum kurz vor der Ernte, weshalb Pflanzenproben im Endstadium ihres Wachstums genommen und auf ihre Inhaltsstoffe untersucht werden konnten. Damit ist es möglich, die N-Abfuhr durch den Pflanzenentzug exakt zu bestimmen.

² Aufgrund der schlechten Witterungsbedingungen (lange Frostperiode, Schneedecke) konnte die erste Beprobung im Jahr 2013 erst Ende April begonnen werden.

Die verschiedenen Zeiträume und die damit einhergehende Erfassung unterschiedlicher Bodenwasserhaushaltszustände dienen somit vorrangig zur Validierung des Bodenwasserhaushaltsmodells BOWAM. Die Bestimmung der Sickerwasserinhaltsstoffe, insbesondere die Ermittlung der N- und C-Konzentrationen im Sickerwasser zu unterschiedlichen Zeitpunkten, sollte Auskunft über die Schwankungen der Stoffkonzentrationen im Jahresverlauf geben.

3.3 Methodik

3.3.1 Probenahme

Die Lageermittlung der BDF fand mittels GPS statt. Zur exakten Kennzeichnung der Fläche dienen die einzelnen Eckpunkte der BDF-Kernfläche, welche durch die in einer Tiefe von ca. 50 cm eingebrachten Unterflurpunkte (P1 bis P4) festgelegt sind und per Suchsonde geortet wurden. Mit Hilfe von Richtpeilstangen wurden die Eckpunkte markiert und die direkt an die BDF-Kernfläche angrenzende Probenahmefläche abgesteckt. Hierin wurde ein Messraster in einem Abstand von 4 x 8 x 8 x 4 Meter angelegt, so dass insgesamt 16 Probenahmepunkte (Einstiche) festgelegt werden konnten (Abbildung 6). An diesen wurden jeweils gestörte Proben aus dem Oberboden (0-30 cm) sowie aus dem Unterboden (30-60 cm) entnommen und jeweils zu einer Mischprobe zusammengefasst. Insgesamt konnten so pro Jahr jeweils 330 Bodenproben aus dem Ober- sowie Unterboden und 110 Pflanzenproben genommen werden.

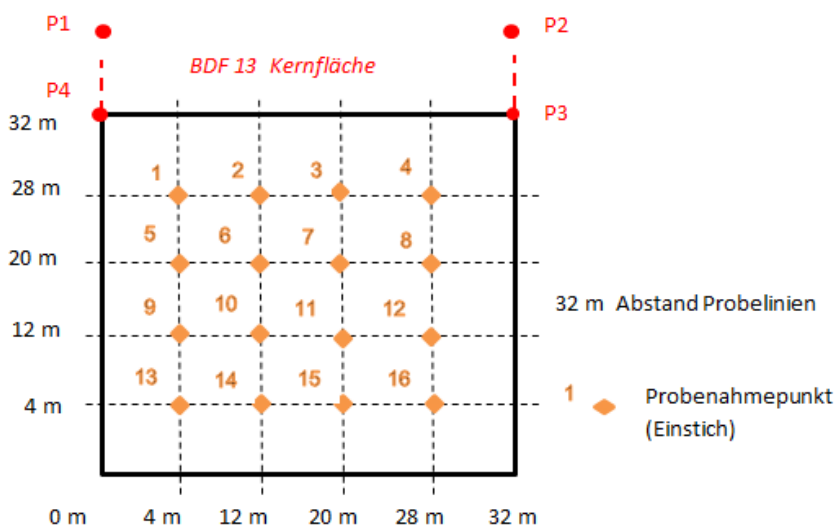


Abbildung 6: Probenahmemuster am Beispiel der BDF 13

Während jeder Probenahme wurden zusätzlich Informationen wie Beprobungsdatum, Nutzung, Vegetation, Witterung und Besonderheiten aufgenommen. Diese Angaben sowie die entsprechende Probennummer und ein Foto der beprobten Fläche wurden in BDF-Datenblättern erfasst (Beispiel in Anlage 1).

Im Anschluss an die Beprobung wurde das Probenmaterial der jeweiligen Mischprobe in Probebeutel überführt und beschriftet. Das Probenmaterial zur Bestimmung des Wassergehaltes wurde in Aludosen gegeben, beschriftet und anschließend in Kühlboxen gelagert, um so einer möglichen Austrocknung des Bodens vorzubeugen. Nach Beendigung der Beprobung wurden die Boden- sowie die Pflanzenproben umgehend in die Labors der BfUL in Nossen überführt und hier mit Gegenzeichnung der jeweiligen Probenliste (Anlage 2 bis 4) abgegeben.

3.3.2 Laboruntersuchungen

Die anschließende Bestimmung der erforderlichen Parameter erfolgte in den Laboren der BfUL. Dabei wurden die Bodenproben vom FB 51 (Bodenanalytik) und die Pflanzenproben vom FB 61 (Produktionsmittel) analysiert. In Tabelle 2 sind die einzelnen Parameter dargestellt, die zu den jeweiligen Probenahmezyklen bestimmt wurden.

Tabelle 2: Bestimmte Parameter zum jeweiligen Probenahmezyklus

	Zyklus 1 (Z1)	Zyklus 2 (Z2)	Zyklus 3 (Z3)
Parameter	<ul style="list-style-type: none"> - Corg- und Nt-Gehalt - mikrobielle Biomasse - Wassergehalt - Sickerwasserinhaltsstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> - Wassergehalt - Sickerwasserinhaltsstoffe - Pflanzeninhaltsstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> - Wassergehalt - Sickerwasserinhaltsstoffe

Für die Bestimmung der Stoffausträge mit dem Sickerwasser stand in erster Linie die Analyse der Wassergehalte und der Sickerwasserinhaltsstoffe im Vordergrund. Für letztere wurde das 1:10 Elutionsverfahren nach DIN 38414-S4 (1984-10) (S4-Auszug) verwendet und die entsprechenden Parameter anschließend nach den in Tabelle 3 aufgeführten Methoden bestimmt. Die Bestimmung der Pflanzeninhaltsstoffe diente zur Ermittlung des Stoffaustrages über den Pflanzenentzug. Die Bestimmung der Parameter erfolgte durch folgende Untersuchungsmethodik:

Tabelle 3: Untersuchungsmethoden der Parameter

Parameter	Methodik
Wassergehalt	DIN ISO 11465 (1996-12) Bodenbeschaffenheit: Bestimmung des Trockenrückstandes und des Wassergehalts auf Grundlage der Masse
Sickerwasserinhaltsstoffe / Bulkdeposition	<p>Nitrat-Stickstoff: DIN EN ISO 10304-1 (DEV D 20) 2009-07: Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von gelösten Anionen mittels Flüssigkeits-Ionenchromatographie – Teil 1: Bestimmung von Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Phosphat und Sulfat</p> <p>Ammonium-Stickstoff: DIN EN ISO 11732 (E 23) 2005-05: Bestimmung von Ammoniumstickstoff – Verfahren mittels Fließanalytik (CFA und FIA) und spektrometrischer Detektion</p> <p>Nitrit-Stickstoff: DIN EN ISO 13395 (D 28) 1996-12: Bestimmung von Nitritstickstoff, Nitratstickstoff und der Summe von beiden mit der Fließanalytik (CFA und FIA) und spektrometrischer Detektion</p> <p>Gesamt-Stickstoff: DIN EN ISO 11905-1 (H 36) 1998-08: Bestimmung von Stickstoff nach oxidativem Aufschluss mit Peroxydisulfat und DIN 38405-D 9-2 1979-05: Bestimmung des Nitrat-Ions</p>
Pflanzeninhaltsstoffe	<p>Stickstoff: VDLUFA-MB III, 4.1.2 Verbrennungsmethode nach Dumas</p>

3.3.3 Bewirtschaftungsdaten

Die Bewirtschaftungsdaten spielen bei der vorliegenden Untersuchung eine zentrale Rolle, da die Ergebnisse zum Stoffhaushalt der BDF in erster Linie durch die jeweils angebauten Fruchtarten, die erzielten Erträge sowie die stickstoffrelevanten Düngemiteleinträge bestimmt werden. Entsprechend wurden daher Bewirtschaftungsdatenblätter an die jeweiligen Agrarbetriebe bzw. Landwirte übergeben, um so Informationen über den Betrieb, den Schlag, die Anbauprodukte und Erntemenge wie auch über den Eintrag von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln zu erhalten (Anlage 5 und 6).

Die ausgefüllten Datenblätter wurden im Anschluss auf ihre Plausibilität hin überprüft. Hierbei fiel auf, dass häufig die Menge der eingearbeiteten Nebenprodukte nicht vermerkt war und die Reinnährstoffgabe, die sich aus der Düngemittelmenge ableiten lässt, falsch berechnet worden ist. Durch Rücksprachen mit den Agrarbetrieben und durch eigene Berechnungen konnten die als unvollständig oder falsch identifizierten Angaben korrigiert werden. Auf BDF, die auch als extensive Weideflächen genutzt werden (BDF 30, 37 und 38), wurde zusätzlich die N-Abfuhr (Futtermittelverbrauch) und die N-Zufuhr (Exkrement) ermittelt.

3.3.4 Wetterdaten

Eine wesentliche Basisinformation zu einer BDF stellt ihre klimatische Charakteristik dar, da die im Boden ablaufenden Prozesse grundlegend vom Klima beeinflusst werden. Klimatische Prozesse können sich kleinräumig stark unterscheiden und daher sehr heterogen auftreten, was eine genaue Beschreibung der ablaufenden Witterungsergebnisse erfordert. Dies ist nur möglich, wenn für die jeweiligen BDF-Standorte repräsentative Witterungsdaten vorhanden sind.

Für die Bestimmung meteorologischer Parameter für die BDF wurden die sächsischen Wettermessnetze genutzt. Dabei wurden sämtliche in Sachsen vorhandenen Wetter- und Ombrometerstationen in ArcGIS eingeladen und mit den BDF verschnitten. Anschließend erfolgte die räumliche Zuordnung der BDF zur am nächsten gelegenen Wetter- bzw. Ombrometerstation. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die realisierte Zuordnung der Stationen zu den BDF-Standorten.

Tabelle 4: Zuordnung von Niederschlagsmessstationen zu den BDF-Standorten

BDF	Stationsname	Stationskennung	Betreiber
1	Klitzschen	O057	DWD
2	Köllitsch	L09	Agrarmeteor
3	Klitzschen	O057	DWD
4	Gröditz	41533	DWD
5	Oschatz	10480	DWD
6	Leipzig/Halle	10469	DWD
7	Eilenburg	O120	DWD
8	Oschatz	10480	DWD
9	Heyda b. Riesa	O248	DWD
10	Heyda b. Riesa	O248	DWD
11	Lampertswalde	L04	Agrarmeteor
12	Lippen	BDF II	LfULG
13	Bad Muskau	O025	DWD
14	Hoyerswerda	10495	DWD
15	Sproitz	TSp Quitzdorf	BfUL
16	Sproitz	TSp Quitzdorf	BfUL
18	Schmorren	BDF II	LfULG
19	TSp Bautzen	TSp Bautzen	LTV
20	TSp Bautzen	TSp Bautzen	LTV
21	Waldhufen-Diehsa	46257	DWD
22	Pegau	O305	DWD
23	Ehrenfriedersdorf	BDF II	LfULG
24	Schmorren	BDF II	LfULG
25	Garsebach	O348	DWD
26	Dresden-Klotzsche	10488	DWD
27	Hilbersdorf	BDF II	LfULG
28	Colditz/Geringswalde	BDF II / O510	LfULG/DWD
29	Striegistal-Böhringen	42265	DWD
30	Dresden-Gohlis	41251	DWD
31	Stolpen	41120	DWD
32	Eibau-Walddorf	46233	DWD
33	Colditz/Geringswalde	BDF II / O510	LfULG/DWD
34	Frankenberg-Altenhain	O625	DWD
35	Hilbersdorf	BDF II	LfULG
36	TSp Malter	TSp Malter	LTV
37	Hartmannsdorf	TSp Lehmühle	BfUL

Fortsetzung Tabelle 4: Zuordnung von Niederschlagsmessstationen zu den BDF-Standorten

BDF	Stationsname	Stationskennung	Betreiber
38	Jonsdorf	11205	DWD
39	Eibau-Walddorf	46233	DWD
40	Görlitz	10499	DWD
41	Ponitz	M500	DWD
42	Stolpen	41120	DWD
43	Hilbersdorf	BDF II	LfULG
44	Lichtentanne	O805	DWD
45	Lichtentanne	O805	DWD
46	Aue	O863	DWD
47	TSp Neunzehnhain	TSp Neunzehnhain	LTV
48	Reifland	TSp Saidenbach	BfUL
49	Hartmannsdorf	TSp Lehnmühle	BfUL
50	Treuen	O868	DWD
51	Treuen	O868	DWD
52	Plauen	10569	DWD
53	TSp Eibenstock	TSp Eibenstock	LTV
54	Cranzahl	TSp Cranzahl	BfUL
55	Lichtenhain-Mittelndorf	10591	DWD
56	Bad Elster	O980	DWD

Genutzt wurden überwiegend die Messnetze des DWD. Diese bestehen zum einen aus Wetterstationen, die ein breites Spektrum meteorologischer Kenngrößen erfassen. Hiervon wurden insgesamt 14 Stationen den BDF zugeordnet. Eine wesentlich höhere Stationsdichte als die DWD-Wetterstationen weisen die vom DWD betriebenen Niederschlagsstationen auf. 17 dieser Stationen wurden den entsprechenden BDF zugewiesen. Zum anderen wurden für neun BDF die meteorologisch erfassten Daten der fünf BDF II verwendet. Des Weiteren konnten die Niederschlagswerte des agrarmeteorologischen Messnetzes (Agrarmeteor) für zwei BDF genutzt werden. Weitere Stationen für Niederschlagsdaten waren vier Talsperren der Landestalsperrenverwaltung sowie fünf Ombrometerstationen der BfUL. Als maximale Entfernung einer BDF zu einer Niederschlagsmessstation wurden 12 km nicht überschritten (Abbildung 7).

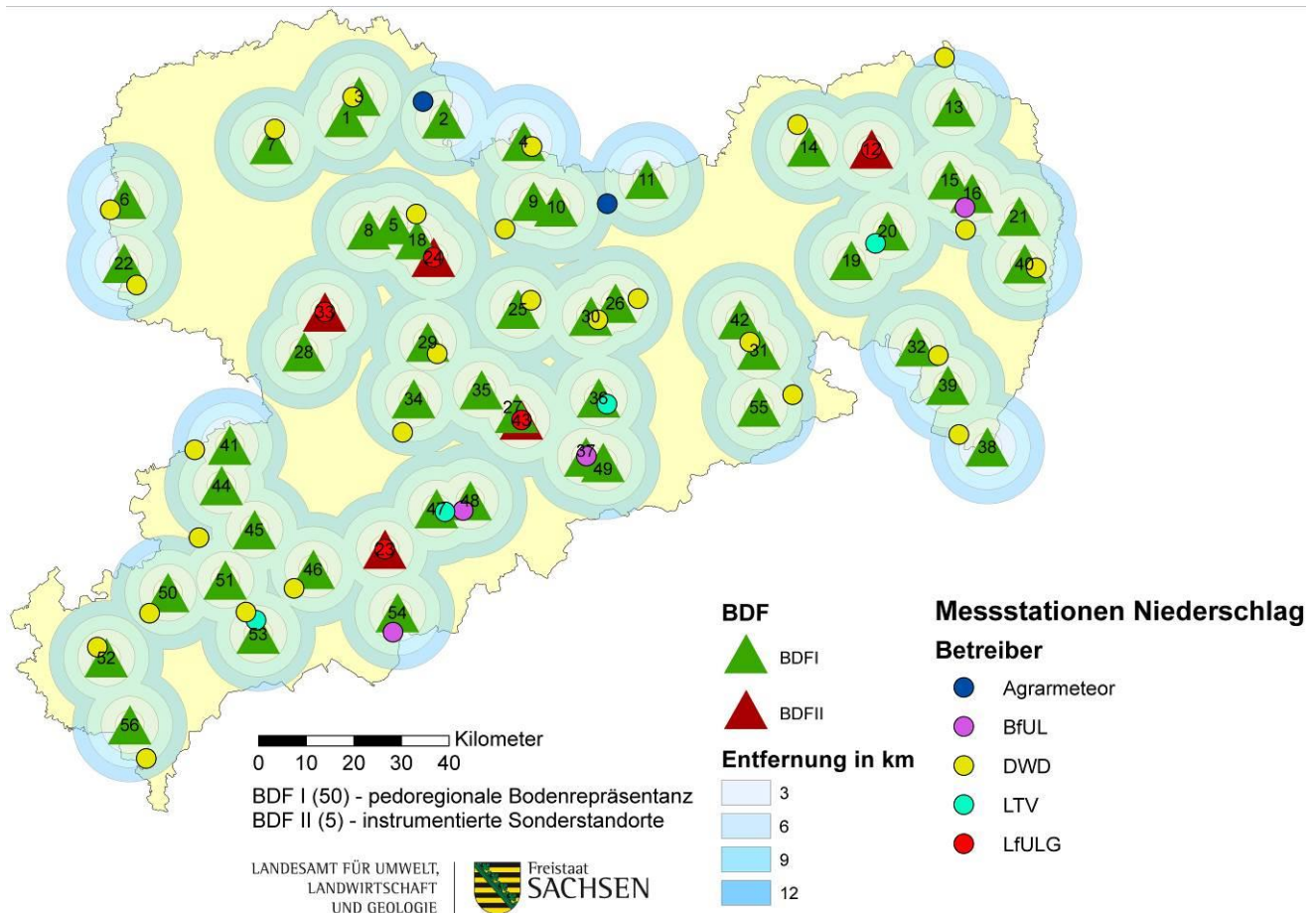


Abbildung 7: Zuordnung der BDF zu Wetter- und Ombrometerstationen

Mit der o. g. Zuweisung der Wetter- und Ombrometerstationen zu den BDF konnte eine möglichst genaue Abbildung der zum Teil sehr stark räumlich differenzierten Größe Niederschlag gewährleistet werden. Weitere modellrelevante meteorologische Parameter konnten nur von Wetterstationen des DWD, den BDF II sowie von Stationen des Agrarmessnetzes (Agrarmeteor) ermittelt werden, da diese über die entsprechende Messtechnik verfügen.

Entsprechend der Anforderung an das Bodenwasserhaushaltsmodell BOWAM (Kapitel 3.3.6) wurden folgende meteorologische Parameter bestimmt:

- Tagesniederschlagssumme
- Tageslufttemperatur
- Tagesmittel der Luftfeuchtigkeit
- Tagesmittel der Globalstrahlung

Da an den Agrarmessstationen (Agrarmeteor) keine Werte der Globalstrahlung ermittelt werden, wurden diese unter Verwendung von Werten der tatsächlichen Sonnenscheindauer (Tabelle 6) und der extraterrestrischen Strahlung (Tabelle 5) näherungsweise berechnet (vgl. DVWK 1996).

$$R_G = R_O [0,19 + 0,55 (S / S_O)]$$

R_G	mittlere Tagessumme der Globalstrahlung [J/cm ²]
R_O	extraterrestrische Strahlung [J/cm ²]
S	tatsächliche Sonnenscheindauer [h/d]
S_O	astronomisch mögliche Sonnenscheindauer [h/d]

Tabelle 5: Extraterrestrische Strahlung [J/(cm² * d)] in Abhängigkeit von der geographischen Breite (NHK), bezogen auf die Monatsmitte (Quelle: DVWK 1996)

Nördl. Breite	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
46°	1165	1711	2495	3303	3905	4170	4036	3535	2799	1989	1322	1014
47°	1104	1652	2444	3270	3891	4169	4028	3510	2756	1932	1261	954
48°	1043	1592	2394	3236	3876	4163	4019	3485	2712	1876	1201	893
49°	982	1932	2343	3203	3862	4159	4011	3460	2669	1819	1140	833
50°	921	1472	2292	3170	3848	4156	4003	3435	2625	1763	1079	773
51°	862	1411	2238	3133	3831	4150	3992	3406	2577	1704	1019	716
52°	803	1350	2184	3096	3813	4145	3981	3377	2530	1646	960	659
53°	745	1290	2130	3058	3796	4139	3970	3349	2482	1587	900	602
54°	686	1229	2076	3021	3778	4134	3959	3320	2435	1529	841	545
55°	627	1168	2022	2984	3761	4128	3948	3291	2387	1470	781	488

Tabelle 6: Maximal mögliche tägliche Sonnenscheindauer [h/d] in Abhängigkeit von der geographischen Breite (NHK), bezogen auf die Monatsmitte (Quelle: DVWK 1996)

Nördl. Breite	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
46°	9,2	10,3	11,9	13,5	15,0	15,7	15,3	14,1	12,6	10,9	9,6	8,6
47°	9,0	10,3	11,9	13,6	15,1	15,8	15,5	14,2	12,6	10,9	9,4	8,5
48°	8,8	10,2	11,9	13,6	15,2	16,0	15,6	14,3	12,6	10,9	9,3	8,3
49°	8,7	10,2	11,9	13,7	15,3	16,2	15,8	14,4	12,7	10,8	9,2	8,2
50°	8,6	10,2	11,9	13,87	15,4	16,4	15,9	15,5	12,7	10,8	9,1	8,1
51°	8,5	10,1	11,9	13,9	15,5	16,5	16,1	14,6	12,7	10,8	9,0	8,0
52°	8,3	10,0	11,9	13,9	15,7	16,7	16,3	14,6	12,7	10,7	8,9	7,8
53°	8,2	9,9	11,9	14,0	15,9	16,7	16,4	14,8	12,7	10,6	8,7	7,6
54°	8,0	9,9	11,9	14,1	16,1	17,1	16,6	14,9	12,7	10,6	8,6	7,4
55°	7,9	9,8	11,9	14,2	16,2	17,3	16,7	15,0	12,7	10,6	8,5	7,3

3.3.5 Depositionsdaten

Neben der Erfassung der o .g. meteorologischen Parameter, die vorrangig als Eingabeparameter für die Bodenwasserhaushaltsmodellierung dienen, wurden zusätzlich die Daten der Depositionsmessungen auf den BDF II Standorten erfasst. Hierfür ist jede BDF II mit drei Bulk-Sammlern ausgestattet, welche den Eintrag der nassen und

trockenen Stickstoffdeposition ermitteln (Kapitel 4.1.2). Die feuchten sowie die gasförmigen N-Depositionsanteile sind messtechnisch nur schwer zu erfassen und können somit nicht berücksichtigt werden. Die Bulksammler der BDF II Standorte sind mit einem Abstand von jeweils 1 m nebeneinander angeordnet und befinden sich 1 m über der Bodenoberfläche. Die eingetragene atmosphärische Deposition gelangt in den jeweiligen Bulksammler und wird über eine Schlauchzufuhr in Auffangbehältern gesammelt. Mögliche Verluste durch Verdunstungseffekte werden so vermieden. Die Beprobung erfolgt in einem 28-Tage-Rhythmus, wobei eine Mengenmessung alle 14 Tage erfolgt. Nach anschließendem Sammelbehältertausch und Abtransport findet die Laboranalyse in der BfUL statt. Hier werden durch Filtration die ungelösten Bestandteile selektiert und die NH_4^- sowie die NO_3^- Konzentrationen bestimmt (Tabelle 3). Letztlich werden die Mittelwerte der N-Konzentrationen (mg/l) der drei Bulk-Messungen mit den entsprechenden Niederschlagssummen (l/m^2) verrechnet. Aus den monatlichen Depositionseinträgen ergibt sich schließlich der jährliche Gesamteintrag (kg/ha) von $\text{NH}_4\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$.

3.3.6 Bodenwasserhaushaltsmodellierung

Die Quantifizierung des Bodenwasserhaushalts erfolgte auf Grundlage von Modellberechnungen. Verwendet wurde hierfür das Modell BOWAM, welches unter anderem in der Lage ist, den hydrologischen Prozess des Sickerwasseraustrags zu simulieren. Der Versickerungsvorgang ist eine Form des Wassertransports, der durch das Gravitationswasser repräsentiert wird, welches auf Grund der geringen Saugspannung in den Grobporen nicht lange gehalten werden kann und unter dem Einfluss der Schwerkraft in tiefer gelegene Bereiche versickert. In der vorliegenden Untersuchung wurde durch das Modell BOWAM der Sickerwasseraustrag aus 60 cm modelliert. Diese Tiefe wurde als unterste Schicht angenommen, aus welcher das Sickerwasser austritt.

Beim Modell BOWAM handelt es sich um ein zweidimensionales konzeptionelles Boxmodell, welches entwickelt wurde, um die wesentlichen in der Aerationzone ablaufenden hydrologischen Prozesse zu modellieren (vgl. DUNGER 2006). Das System Boden-Pflanze-Atmosphäre erfährt in diesem Modell eine Diskretisierung in Raum und Zeit. Die zeitliche Diskretisierung orientiert sich dabei an der zeitlichen Auflösung der meteorologischen Daten. Da diese als tägliche Messwerte vorliegen, wird auch die Berechnung des Bodenwasserhaushaltes für tägliche Zeitschritte durchgeführt. Räumlich horizontal wurde das Modell für Hydrotöpfe, also Flächen mit hydrologisch homogenen Eigenschaften, konzipiert. Die räumliche Diskretisierung erfolgte durch Betrachtung von zwei Schichten (Ober- und Unterboden). Die modellrelevanten Eingabeparameter umfassen eine Vielzahl an meteorologischen, geographisch-morphologischen, pedologischen sowie bestandsbezogenen (Nutzung, Bewuchs) Daten und sind in Tabelle 7 und detailliert in der Anlage 7 dargestellt.

Für die Eingabe der Parameter sowie die anschließende Berechnung stehen im Modell BOWAM vier Teilmodelle zur Verfügung. Die beiden Hilfsprogramme ROHLINGM und ROHLINGN dienen der Erstellung meteorologischer Datenfiles bzw. Nutzungsdatenfiles, um die Daten in die für das Modell notwendige Struktur zu bringen. Im Eingabeteilmodell BOWAMINP erfolgt die Eingabe der weiteren Daten und die Erzeugung einer internen Übergabedatenbank, auf die das Berechnungsteilmodell BOWACALC zurückgreift. Dieses berechnet schließlich die Wasserhaushaltsgrößen und gibt die Simulationsergebnisse aus.

Tabelle 7: Wesentliche Eingabewerte des Modells BOWAM-06 (verändert nach DUNGER 2006)

Eingabedaten und -parameter:
<p>Meteorologische Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit - Globalstrahlung* bzw. Sonnenscheindauer* - Windgeschwindigkeit* - Niederschlagsmenge
<p>Geographische und morphologische Parameter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geographische Breite und mittlere Höhe ü. NN - dominante Exposition, Hangneigung, mittlere Hanglänge
<p>Pedologische Parameter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - gesättigte hydraulische Leitfähigkeit (kf-Wert) - Sättigungswassergehalt**, Feldkapazität**, Welkepunkt**, Kapillarität**
<p>Nutzungsparameter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - landwirtschaftliche Nutzung: Winter-, Sommergetreide, Hackfrüchte, Mais - Wald: Nadel-, Laub-, Mischwald - Grünland: Dauergrünland/Wiese, Weide
<p>Bewuchsparameter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vegetationsbedeckungsgrad**, Bewuchsuppigkeit** - Durchwurzelungstiefe**, Wurzeldichtevertelung** - Tiefe der Evaporationswirkung**
<p>* Eingabe nicht zwingend notwendig ** Es werden Default-Werte angeboten</p>

Meteorologische Daten

Die meteorologischen Daten für die BDF stammen von den in Kapitel 3.3.4 dargestellten Wetterstationen. Da das Modell ab dem 01.01.2012 beginnt, den Bodenwasserhaushalt zu simulieren, würde es für den ersten Tag mit dem eingegeben Anfangswassergehalt (Feldkapazität) als Startwert rechnen. Da dieser Wassergehalt jedoch nicht dem zu diesem Zeitpunkt tatsächlichen Wassergehalt entspricht und damit auch nicht die realen Sickerwassermengen abgebildet werden können, wurde dem Jahr 2012 das Jahr 2011 vorangestellt. Damit wurde gewährleistet, dass das Modell ein Jahr Vorlaufzeit hat und sich an die Wassergehalte entsprechend der meteorologischen Verhältnisse sowie den Nutzungsbedingungen anpassen kann. Somit sind für den Zeitraum 01/2011 bis 12/2014 mit der Zeitdiskretisierung „Tageswerte“ folgende Parameter in das Modell eingegangen:

- Tagesmittel der Temperatur [°C], relativen Luftfeuchtigkeit [%] und Globalstrahlung [J/cm²]
- Temperatur des Folgetages [°C]
- Tägliche Niederschlagssummen [mm]

Niederschlagsmessungen sind immer fehlerbehaftet (Windfehler, Benetzungsfehler, Verdunstungsfehler), was dazu führt, dass mit Messgeräten zu wenig gemessen wird und folglich Korrekturen notwendig werden. Im Modell werden die Niederschlagsdaten daher einer monats- und gebietsvariablen Korrektur nach RICHTER (1995) unterzogen. In Tabelle 8 sind die prozentualen Korrekturen der Niederschlagswerte für das Gebiet III (östlicher Teil des Norddeutschen Tieflandes und östliche Mittelgebirge bis 700 m NN) sowie für die Stationslage a (frei) dargestellt.

Tabelle 8: Prozentuale Korrekturen der Niederschlagswerte (Gebiet III, Lage a) nach RICHTER (1995)

Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
31,6	33,5	26,9	18,3	12,5	10,4	10,8	10,5	12,6	15,5	21,8	26,5

Geographische und morphologische Parameter

Informationen zur geographischen Breite sowie zur Höhe über NN der jeweiligen BDF wurden mittels GPS erfasst. Sämtliche BDF wurden auf ebenen Flächen eingerichtet, weshalb in der Modellierung mit Hangneigung 0 gerechnet wurde. Somit entfiel auch die Angabe zur Exposition. Für die mittlere Böschungs- bzw. Hanglänge wurde der Wert 1 verwendet, da die Sickerwassermengen für 1 m² berechnet wurden.

Pedologische Parameter

Die Eingabe der pedologischen Parameter erfolgte für jede BDF schichtenweise. Dabei stellt der Oberboden die Schicht 1 (0-30 cm) und der Unterboden die Schicht 2 (30-60 cm) dar. Beide Schichten wurden entsprechend der Anforderung des Modells in zwei weitere Teilschichten mit einer Mächtigkeit von jeweils 15 cm untergliedert und erhielten die gleichen Parameter. Zur Modelleingabe standen folgende Parameter zur Verfügung:

- Bodenart
- Humusgehalt [%]
- Lagerungsdichte
- k_f -Wert [m/s]
- Sättigungswassergehalt bzw. Gesamtporenvolumen [Vol.-%]
- Bereich der Feldkapazität [Vol.-%]
- Permanenter Welkepunkt [Vol.-%]
- Anfangswassergehalt [Vol.-%]

Nach Eingabe der Parameter Bodenart, Humusgehalt und Lagerungsdichte berechnet das Modell programminterne Werte für die restlichen Parameter. Da diese jedoch für jeden Standort vorliegen, konnten die vorgeschlagenen Werte überschrieben werden. Einzig der Parameter k_f -Wert lag bei einigen BDF nicht vor (siehe Anlage 7), so dass hier mit Default-Werten gerechnet wurde.

Nutzungsparameter

Als Nutzungsparameter ging die Art der Nutzung in die Modellierung ein. Die Datenstruktur bezog sich auch hier auf eine Zeitdiskretisierung von Tageswerten, wobei die Variationen nur in Monatsschrittweite möglich sind. Angaben über die Art sowie den Zeitraum der Nutzung wurden aus den jeweiligen Bewirtschaftungsdatenblättern entnommen. Für die Modelleingabe standen folgende Nutzungsarten zur Auswahl:

- Wintergetreide
- Sommergetreide
- Hackfrüchte (Kartoffeln, Rüben)
- Mais
- Dauerwiese (Gras-Krautbewuchs ohne Beweidung)
- Weideland (Gras-Krautbewuchs mit Beweidung)
- unbewachsene Flächen

Da in das Modell nur die o. g. Nutzungsarten eingegeben werden können, mussten den BDF mit anderen Nutzungsarten diese zugeordnet werden. So wurde den Flächen, auf denen Raps und Hanf angebaut wurde, die Nutzungsart Wintergetreide, denen mit Spargel, Erbsen und Erdbeeren die Nutzung Hackfrüchte zugewiesen.

4 Ergebnisse Stickstoffkreislauf

4.1 Inputparameter

4.1.1 Bewirtschaftungsdaten

Tabelle 9 gibt eine Übersicht über Anbauprodukte, Gesamteintrag mineralischer und organischer Stickstoffdüngemittel sowie Erntemengen auf den BDF der Bewirtschaftungsjahre 2012, 2013 und 2014 wieder. Mit Ausnahme der BDF 11 und 52, welche ökologisch bewirtschaftet wurden, wurde auf allen BDF konventioneller Landbau betrieben.

Tabelle 9: Übersicht der Hauptbewirtschaftungsdaten der BDF

BDF	2012				2013				2014			
	Anbau- pro- dukt	Menge min. N- Dün- gung [kg/ha]	Menge org. N- Dün- gung [m3/ha]	Ernte- menge [kg/ha]	Anbau- pro- dukt	Menge min. N- Dün- gung [kg/ha]	Menge org. N- Dün- gung [m3/ha]	Ernte- menge [kg/ha]	Anbau- pro- dukt	Menge min. N- Dün- gung [kg/ha]	Menge org. N- Dün- gung [m3/ha]	Ernte- menge [kg/ha]
1	KM	382	/	7.207	Tri	455	25	6.040	WRa	560	19	4.813
2	WGe	430	19	7.700	WRa	650	8,5	0	WW	450	/	9.300
3	WRo	400	10	3.800	WRa	581	/	3.620	Tri	293	/	4.649
4	Sp	400	/	1.300	Sp	400	/	6.950	Sp	400	/	7.150
5	ZR	583	20	65.000	WW	700	/	8.050	WRa	502	12	4.923
6	WW	610	/	9.100	WGe	597	/	7.800	WRa	830	/	5.200
7	WGe	563	/	9.661	WRa	695	/	3.292	WW	634	/	9.142
8	WRa	473	/	3.286	SM	150	35	45.000	Haf	105	30	4.700
9	WW	502	/	5.130	WGe	526	6,5	5.500	SM	125	24	41.500
10	Kar	635	/	48.300	WW	606	/	7.700	WGe	386	/	8.300
11	WRo	/	24	2.700	Klee	/	/	16.500	Luz	/	/	12.000
12	WRo	170	/	0	WRo	110	/	600	Bra	/	/	0
13	Bra	/	/	0	Bra	/	/	0	Bra	/	/	0
14	WRo	250	/	3.920	WRo	512	/	3.030	SB	450	/	2.100
15	WRo	600	/	4.030	SM	450	/	40.500	SM	300	/	39.000
16	WRa	370	15	3.000	WW	667	/	6.374	WGe	407	/	6.600
18	WW	340	18	7.000	ZR	330	44	58.000	WW	851	20	8.970
19	WW	557	/	7.220	KM	/	70	13.600	WW	722	15	8.500
20	SM	100	50	49.000	WW	755	/	5.730	WRa	420	25	4.400
21	WW	572	/	3.200	WW	634	/	5.400	Tri	422	/	4.900
22	WRa	862	/	4.720	WW	650	/	8.500	WGe	740	/	9.700
23	SGe	146	/	5.896	GR	650	25	29.500	WGe	/	30	8.579
24	ZR	/	30	74.300	WW	600	25	7.933	WRa	469	/	5.492
25	WW	668	/	7.900	WRa	628	/	4.200	WW	625	/	11.400
26	Erd	/	/	k. A.	Bra	/	/	0	WW	627	20	7.500

Fortsetzung Tabelle 9: Übersicht der Hauptbewirtschaftungsdaten der BDF

BDF	2012				2013				2014			
	Anbau- pro- dukt	Menge min. N- Dün- gung [kg/ha]	Menge org. N- Dün- gung [m3/ha]	Ernte- menge [kg/ha]	Anbau- pro- dukt	Menge min. N- Dün- gung [kg/ha]	Menge org. N- Dün- gung [m3/ha]	Ernte- menge [kg/ha]	Anbau- pro- dukt	Menge min. N- Dün- gung [kg/ha]	Menge org. N- Dün- gung [m3/ha]	Ernte- menge [kg/ha]
27	GR	/	/	0	GR	/	/	0	GR	/	/	0
28	WRa	588	/	3.420	WW	770	/	7.064	WGe	416	/	8.621
29	SM	/	50	51.500	WW	818	8	6.200	WRa	519	/	5.054
30	GR	/	/	0	GR	/	/	13.000	GR	/	/	30.700
31	SW	800	/	5.000	WGe	610	/	6.100	WRa	1022	/	3.000
32	WRa	355	25	4.300	WW	762	/	6.000	WGe	378	/	8.340
33	GR	555	/	30.000	GR	260	/	12.000	GR	222	/	19.000
34	WRa	390	/	4.400	WW	851	/	7.380	WG	807	/	8.100
35	WW	629	/	6.650	Tri	518	/	7.500	WGe	709	/	8.000
36	KM	140	35	9.400	SGe	450	/	6.700	WRa	887	21	4.890
37	GR	/	/	0	GR	/	/	0	GR	/	/	0
38	GR	/	/	42.000	GR	/	/	0	GR	/	/	0
39	WW	187	/	7.500	SM	300	30	41.000	WW	740	20	8.600
40	WRa	550	/	4.750	WW	590	/	8.500	Haf	300	25	5.000
41	WW	738	20	8.425	Kar	480	20	25.000	SM	/	50	55.000
42	GR	920	38	49.900	GR	1050	37	42.600	GR	611	20	54.100
43	WRa	500	/	3.600	WW	700	/	6.500	SGe	500	/	4.500
44	WRa	710	30	4.660	WW	630	/	7.600	WGe	273	/	10.000
45	WW	685	22	7.700	WGe	670	/	6.400	WRa	435	20	4.700
46	Klee	/	/	43.000	Erb	/	/	3.500	WW	616	35	5.170
47	Klee	684	/	43.300	Klee	550	/	40.800	Klee	392	/	25.000
48	WRo	585	/	7.370	SM	200	50	35.700	SGe	390	/	5.200
49	GR	565	18,5	5.900	/	/	/	/	/	/	/	/
50	WRo	378	15	8.689	SM	210	45	30.000	SGe	148	15	6.329
51	Haf	180	30	5.600	WGe	470	/	5.100	WRa	400	20	4.000
52	Hanf	/	/	360	Hanf	/	30	240	Erb	/	/	2.000
53	Klee	/	24	35.000	Klee	/	16	34.000	Klee			k. A.
54	WRa	420	20	4.576	WW	330	/	7.330	WW	360	/	6.495
55	WRa	732	/	4.400	WW	732	15	4.200	SM	310	63	54.000
56	Tri	/	30	2.600	WRo	/	11	2.120	Haf	/	18	4.200
57	/	/	/	/	GR	320	40	26.000	GR	585	25	29.000

4.1.1.1 Anbaustruktur

Die Anbaustruktur auf den BDF zeigt, dass sowohl 2012, 2013 als auch 2014 vor allem Wintergetreide, insbesondere Winterweizen und Wintergerste, als Fruchtart dominierten. Aber auch Winterraps und Mais stellten bedeutende Marktfrüchte dar. Bei rund einem Fünftel der Flächen handelte es sich um Dauergrünland bzw. um Flächen, auf denen Klee angebaut wurde oder brachliegende Flächen. Sommergetreide, Hackfrüchte und andere Fruchtarten wiesen nur geringe Anteile in der Anbaustruktur auf.

Beim Vergleich der Anbaustrukturen der einzelnen Jahre zeigten sich nur marginale Veränderungen. Im Jahr 2013 war ein Rückgang der Rapsflächen mit einem einhergehenden Anstieg des Anbaus von Wintergetreide zu erkennen. Zudem stellte das Jahr 2013 das Jahr mit den meisten Grünlandflächen dar. 2014 wurden Hackfrüchte auf den BDF überhaupt nicht mehr angebaut, dafür nahmen die Flächen, auf denen Winterraps sowie Sommergetreide angebaut wurde, wieder zu (Abbildung 8).

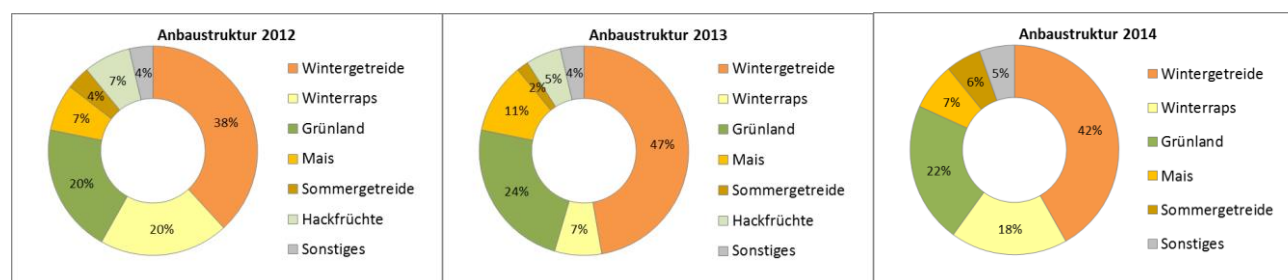


Abbildung 8: Anbaustruktur der BDF 2012, 2013 und 2014

Abbildung 9 zeigt die Anbaustruktur der drei Bewirtschaftungsjahre nach Bodengroßlandschaften. Zu erkennen ist, dass die dominierende Fruchtart Wintergetreide flächenhaft in ganz Sachsen angebaut wurde. Der erwähnte Anstieg des Anbaus von Wintergetreide und der gleichzeitige Rückgang des Anbaus von Winterraps im Jahr 2013 war vor allem auf den Lössstandorten und im Bereich der Böden der Berg- und Hügelländer zu verzeichnen. Winterraps trat generell nicht so häufig, aber ebenfalls fast überall auf. Grünland kam vorwiegend im Auenbereich sowie auf Böden der Berg- und Hügelländer, im Jahr 2014 vermehrt auch auf sandigen Standorten vor. Die besseren Böden der sächsischen Lössregionen wiesen im Gegensatz zu den anderen Bodenregionen eine vielfältigere Anbaustruktur auf. So wurden hier 2012 und 2013 bspw. auch Zuckerrüben und Kartoffeln angebaut. Im Jahr 2014 zeigten die Lössböden mit nur noch vier verschiedenen Fruchtarten jedoch eine eher homogene Anbaustruktur.

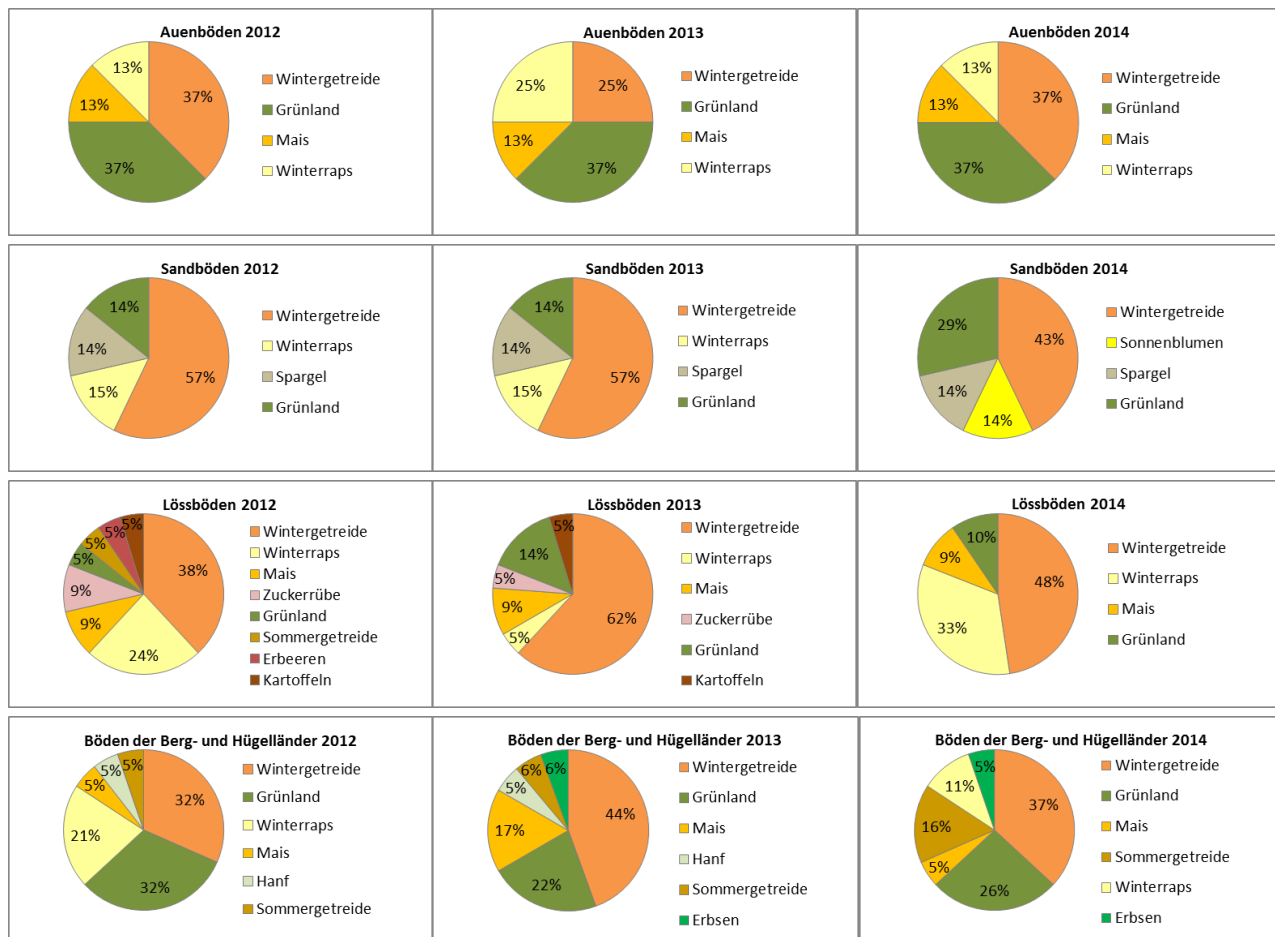


Abbildung 9: Vergleich der Anbaustruktur 2012, 2013 und 2014 nach Bodengroßlandschaften

4.1.1.2 N-Einträge aus mineralischer und organischer Düngung

Mineraldünger

Mineralische Düngemittel wurden 2012 auf 42 der insgesamt 55 BDF (76 %) ausgebracht. Die Gesamtmenge lag hierbei bei durchschnittlich 495 kg/ha. Bedeutend in Bezug auf den Eintrag von Düngemitteln ist jedoch der damit verbundene Nährstoffeintrag. Der N-Eintrag auf den BDF infolge von Mineraldüngung lag im Jahr 2012 bei durchschnittlich 105 kg N/ha. Der höchste N-Eintrag war mit 248 kg N/ha auf der BDF 42 zu verzeichnen, der niedrigste N-Eintrag fand mit 15 kg N/ha auf der BDF 14 statt (Abbildung 10).

Ein ähnliches Bild zeigte der Mineraldüngereinsatz im Jahr 2013. Insgesamt wurden auf den BDF im Durchschnitt 115 kg N/ha eingetragen. Die leichte Erhöhung des N-Eintrages war dabei vorrangig auf die Zunahme des Anbaus von Winterweizen zurückzuführen, da dieser im Vergleich zu anderen Fruchtarten einen höheren N-Bedarf hatte. Wie schon im Jahr 2012, wies die BDF 42 mit 284 kg N/ha die höchste N-Zufuhr infolge der Mineraldüngung auf. Auf der BDF 8 wurde mit 41 kg N/ha der niedrigste N-Eintrag erreicht. Insgesamt 12 BDF wurden nicht mineralisch gedüngt (Abbildung 12).

Im Bewirtschaftungsjahr 2014 wurden mineralische Düngemittel auf insgesamt 44 BDF (80 %) ausgebracht. Mit durchschnittlich 107 kg N/ha lagen die Einträge nur knapp über dem Niveau von 2012. Auf der BDF 19 fand mit insgesamt 266 kg N/ha der höchste N-Eintrag infolge der Mineraldüngung statt. Die niedrigste N-Zufuhr gab es mit 23 kg N/ha auf der BDF 9 (Abbildung 14).

Der Mineral-N-Einsatz auf den BDF entsprach damit annähernd dem bundesdeutschen Durchschnitt von etwa 100 kg N/ha (vgl. IVA 2014). Einträge in der Größenordnung, wie sie auf den DTF festgestellt wurden (vgl. REINICKE UND WURBS 2012), konnten auf den BDF im Untersuchungszeitraum nicht ausgemacht werden.

Insgesamt wurden auf den Flächen in den drei Jahren 17 verschiedene mineralische Stickstoff-Düngemittel ausgebracht. Am häufigsten wurde dabei KAS-Dünger (43 %), Harnstoff (11 %), NPK-Dünger (10 %), AHL-Dünger (10 %) sowie DAP-Dünger (6 %) verwendet.

Wirtschaftsdünger

Organische Düngemittel, insbesondere Gülle, Mist und Gärreste, wurden 2012 auf nur 20 BDF eingetragen (Abbildung 10). Die Höhe der eingetragenen Menge auf diesen Flächen lag im Mittel bei 30 m³/ha. Die daraus resultierende N-Zufuhr (Abzüglich der Ausbringungsverluste) auf diesen Flächen lag zwischen 25 (BDF 3) und 178 kg/ha (BDF 29). Über alle BDF gemittelt lag die N-Zufuhr bei 33 kg/ha. Im Jahr 2013 wurden organische Düngemittel auf 19 BDF ausgebracht, was zu einem durchschnittlichen N-Eintrag in Höhe von 30 kg N/ha führte. Dabei lag die Spannweite der N-Einträge zwischen 14 (BDF 9) und 191 kg (BDF 19) (Abbildung 12). Im Bewirtschaftungsjahr 2014 wurden 20 BDF organische Düngemittel zugeführt, wobei die N-Einträge im Mittel mit 27 kg/ha etwas niedriger lagen als in den beiden Jahren zuvor (Abbildung 14). Innerhalb der drei Bewirtschaftungsjahre wurde auf insgesamt drei BDF, auf denen jeweils Mais angebaut wurde, die von der Düngeverordnung vorgeschriebene zulässige Höchstmenge von 170 kg N/ha und Jahr überschritten.

Zu den Zufuhren über organische Düngemittel zählten auch die separat betrachteten N-Einträge infolge von Beweidung, welche auf den BDF 30, 37 und 38 stattfand. Sie spielen mengenmäßig jedoch nur eine untergeordnete Rolle.

Insgesamt ergab sich damit auf den gedüngten BDF ein durchschnittlicher N-Gesamteintrag in Höhe von 139 kg/ha im Bewirtschaftungsjahr 2012 (Abbildung 10), 145 kg/ha im Bewirtschaftungsjahr 2013 (Abbildung 12) und 135 kg/ha im Jahr 2014 (Abbildung 14). Damit erfuhren die Flächen über drei Jahre hinweg gesehen einen N-Gesamteintrag in relativ gleicher Größenordnung. Hinsichtlich der unterschiedlich angebauten Fruchtarten, lassen sich folgende Aussagen treffen: Mit durchschnittlich 90 bzw. 96 kg/ha sind die geringsten N-Einträge auf Flächen festzustellen, die als Grünland genutzt bzw. auf denen Winterroggen angebaut wurde. Auffallend ist jedoch die BDF 42, ein Grünlandstandort im Lössgebiet, welcher vor allem in den Jahren 2012 und 2013 durch extrem hohe N-Einträge gekennzeichnet war. Auf Flächen, auf denen Mais angebaut wurde, lagen die mittleren N-Einträge über die drei Jahre betrachtet bei etwa 130 kg/ha. Standorte mit Wintergersteanbau erhielten durchschnittliche N-Gaben in Höhe von 160 kg/ha, Winterrapsflächen wiesen mittlere N-Einträge von 188 kg/ha auf. Die höchsten N-Einträge durch Düngung erfolgten auf Standorten, auf denen Winterweizen angebaut wurde (Ø 196 kg N/ha).

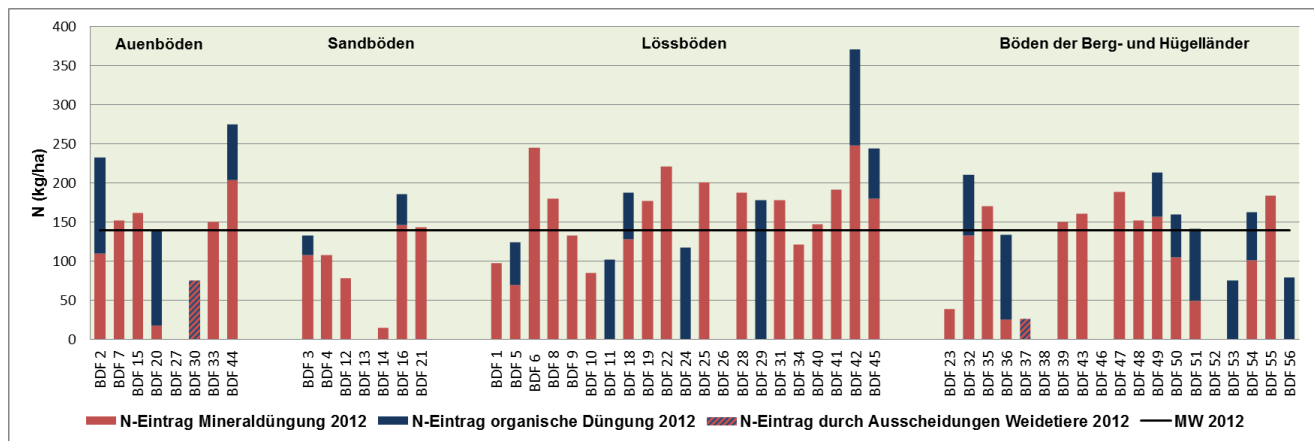


Abbildung 10: N-Einträge durch mineralische und organische Düngung im Jahr 2012

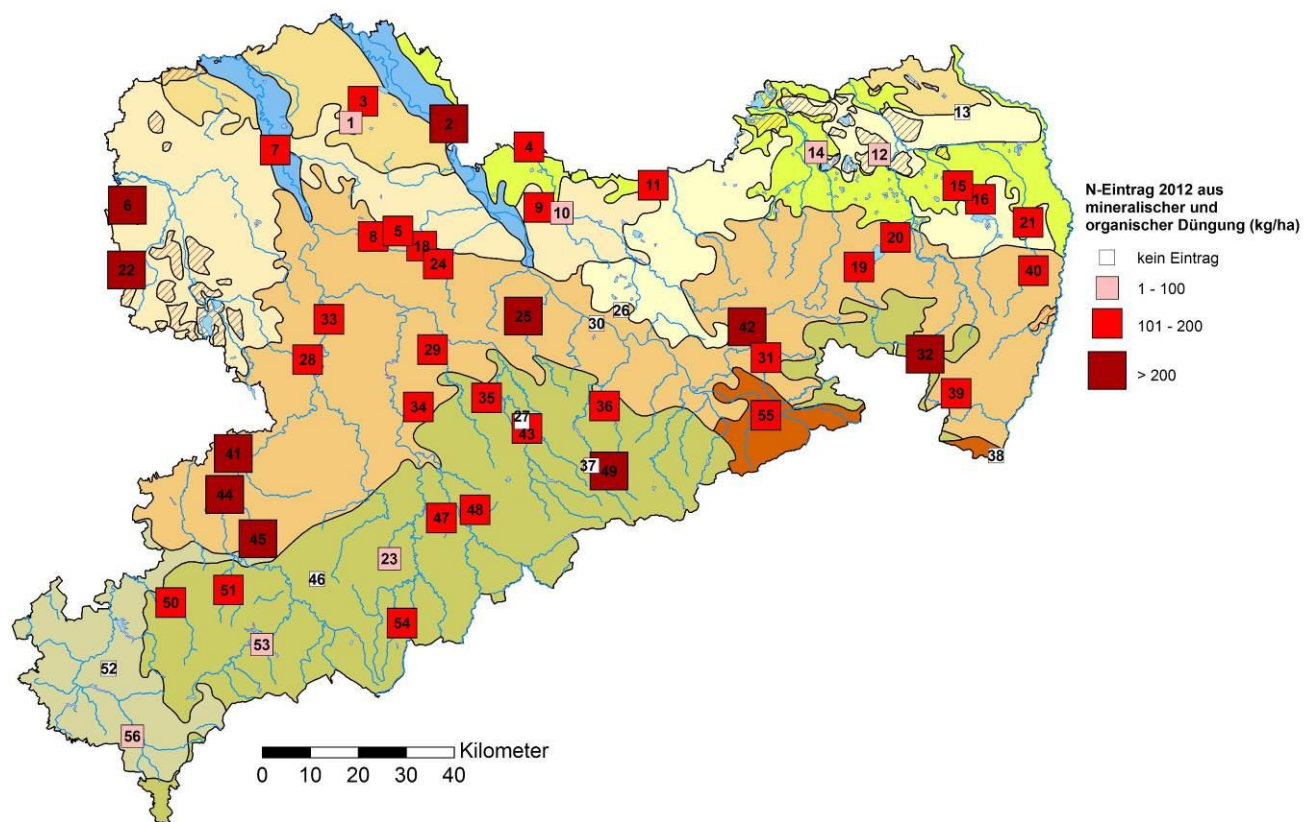


Abbildung 11: N-Einträge durch mineralische und organische Düngung nach Bodengroßlandschaften im Jahr 2012

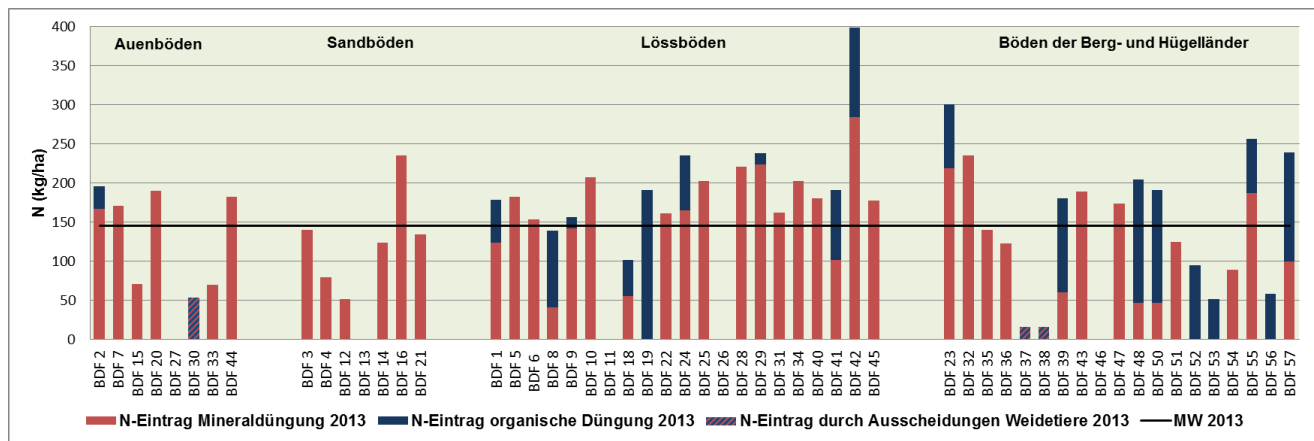


Abbildung 12: N-Einträge durch mineralische und organische Düngung im Jahr 2013

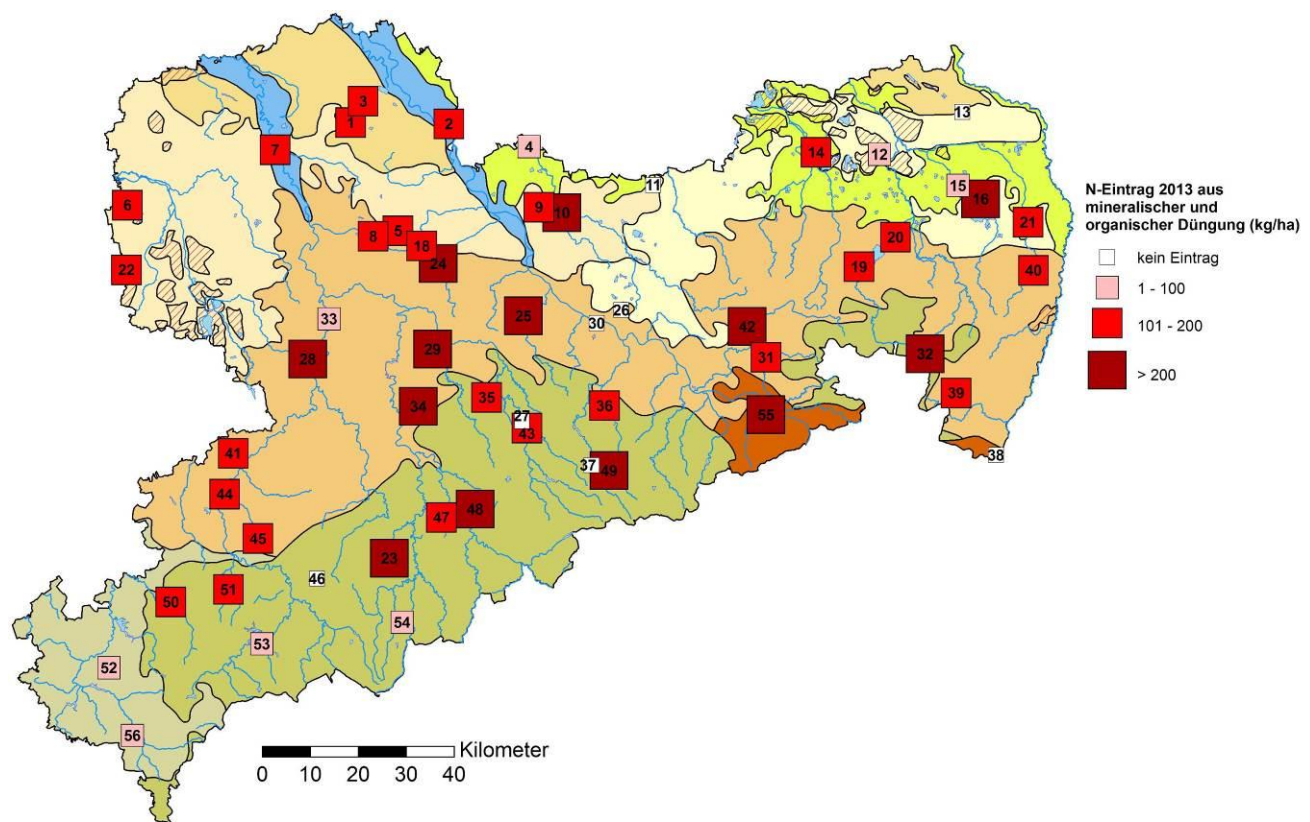


Abbildung 13: N-Einträge durch mineralische und organische Düngung nach Bodengroßlandschaften im Jahr 2013

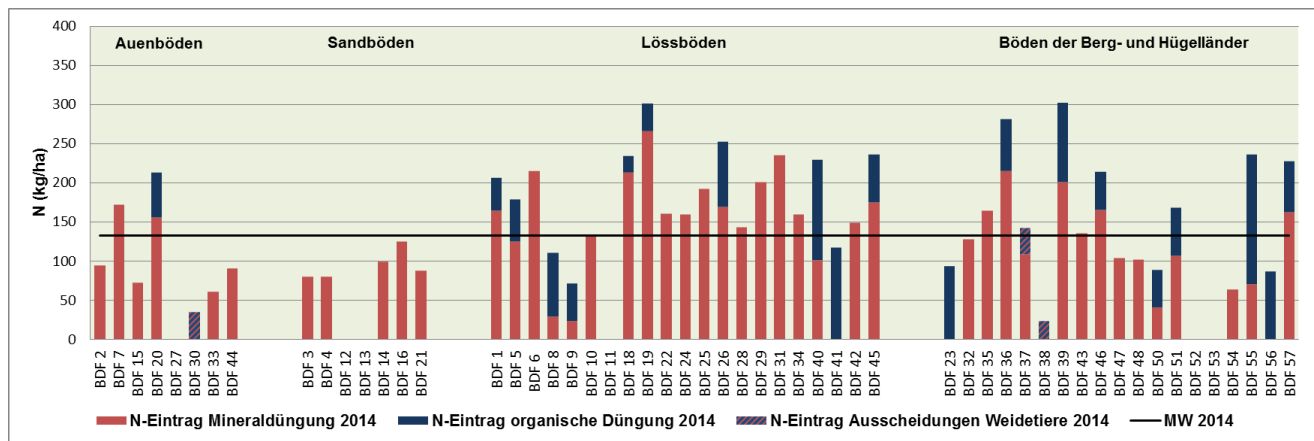


Abbildung 14: N-Einträge durch mineralische und organische Düngung im Jahr 2014

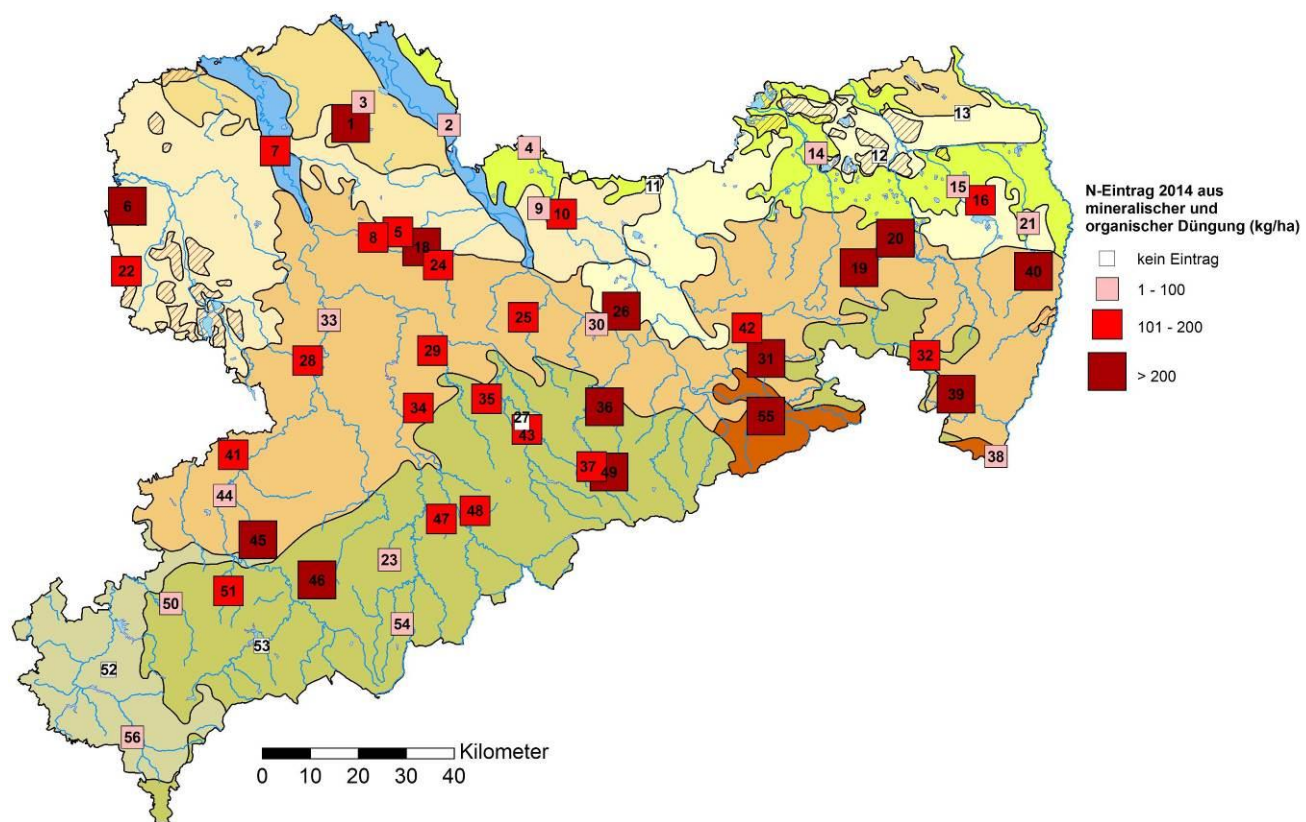


Abbildung 15: N-Einträge durch mineralische und organische Düngung nach Bodengroßlandschaften im Jahr 2014

Die Abbildungen 11, 13 und 15 stellen die N-Zufuhren durch den Einsatz mineralischer und organischer Düngemittel in Bezug auf die Bodengroßlandschaften für die Jahre 2012, 2013 und 2014 dar. Zu erkennen ist, dass insbesondere in den Lössregionen die höchsten N-Mengen eingetragen wurden (im dreijährigen Mittel 172 kg/ha). So lagen im Jahr 2012 von den neun Flächen, auf denen N-Gesamteinträge von über 200 kg/ha zu verzeichnen waren, allein die Hälfte davon in den Lösslandschaften. Im Jahr 2013 wiesen insgesamt 13 Standorte N-Einträge dieser Höhe auf, wobei 54 % auf die Lössgebiete und 40 % auf die Standorte der Berg- und Hügelländer entfielen. Auch im Jahr 2014 waren es mit einem Anteil von fast 60 % vor allem die Lössstandorte mit N-Einträgen von über 200 kg/ha. Im dreijährigen Mittel wiesen die Flächen der Berg- und Hügelländer N-Gesamteinträge in Höhe von

131 kg/ha auf, die der Auenstandorte 119 kg/ha, wobei hier vor allem im Jahr 2012 hohe Einträge zu erkennen waren. Die Sandstandorte hingegen zeigten im Vergleich in allen drei Jahren die geringsten Einträge, so dass hier im dreijährigen Mittel N-Gesamteinträge von 90 kg/ha zu verzeichnen waren.

4.1.2 N-Einträge Deposition

Flächendeckende Aussagen zur N-Deposition sind derzeit aufgrund der nur punktuell ermittelten Daten kaum möglich. Daher wurden die Mittelwerte aller Bulk-Messstationen der fünf bzw. vier BDF II-Standorte berechnet. Diese lagen im Jahr 2012 insgesamt zwischen 8,5 kg (BDF 23, Erzgebirge) und 9,6 kg N/ha (BDF 12, Oberlausitz), zwischen 5,9 kg (BDF 12, Oberlausitz) und 10 kg N/ha (BDF 43, Erzgebirgsvorland) im Jahr 2013 und zwischen 5,2 kg (BDF 12, Oberlausitz) und 9,1 kg N/ha (BDF 43, Erzgebirgsvorland) im Jahr 2014 (Abbildung 16). Im Mittel wurden demnach etwa 9 kg (2012), 7,9 kg (2013) bzw. 7 kg (2014) Gesamt-N/ha eingetragen. Da regionale Tendenzen kaum erkennbar sind, wurden diese Werte für die jeweiligen Jahre als flächendeckende N-Depositionseinträge für Sachsen angenommen.

Werte dieser Größenordnung wurden schon in den Jahren zuvor gemessen (vgl. BARTH ET AL. 2014), auch wenn in den letzten Jahren ein leichter Rückgang zu verzeichnen ist. Gleiche bzw. nur geringfügig höhere Werte (10 bzw. 11 kg N/ha und Jahr) wurden an verschiedenen Lysimeterstationen (Methau, Leipzig, Kassel, Buttstedt) ermittelt (vgl. TLL 2013). Da mit Hilfe der Bulk-Sammler jedoch nur die trockene und nasse Deposition ermittelt werden kann und der Anteil der feuchten und gasförmigen N-Depositionsverbindungen unberücksichtigt bleibt, muss davon ausgegangen werden, dass die tatsächlichen N-Depositionseinträge etwas höher liegen.

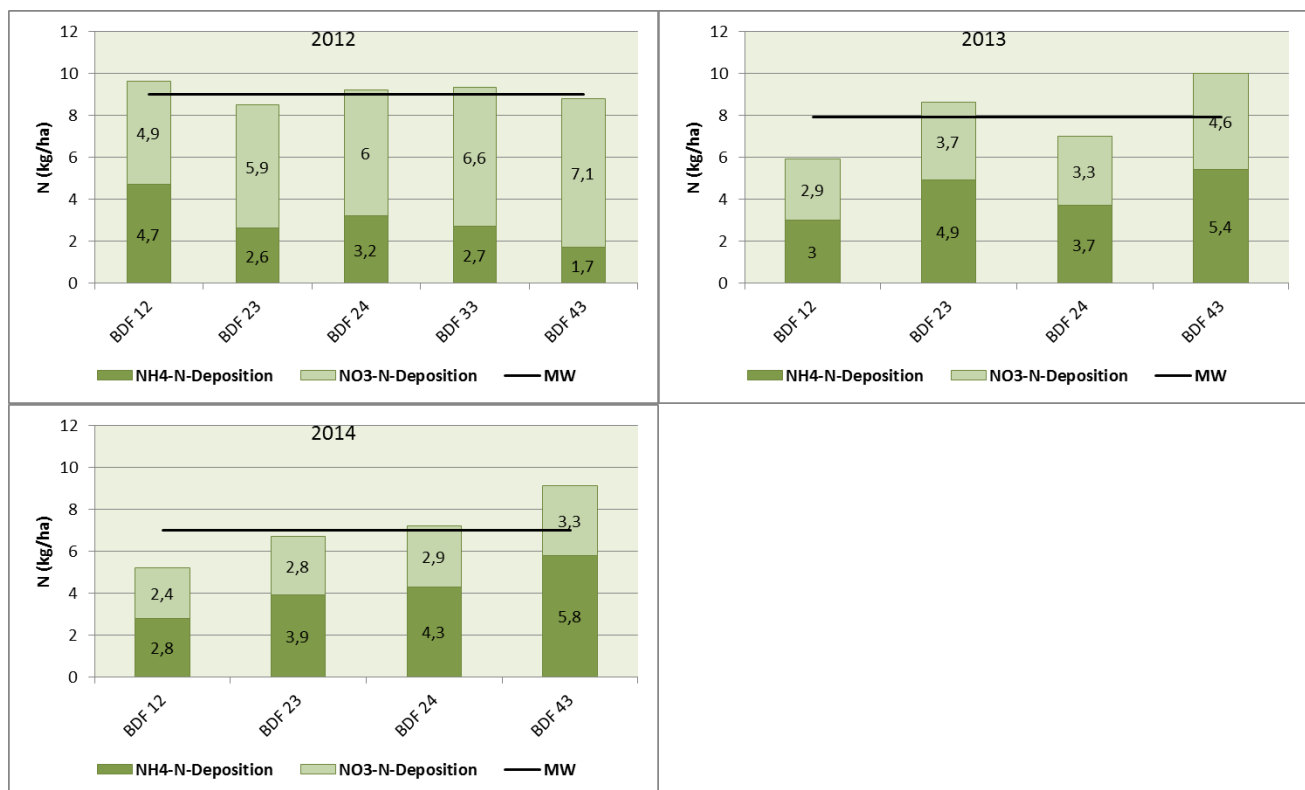


Abbildung 16: Atmosphärische N-Deposition 2012, 2013 und 2014 auf BDF II-Standorten

Bei den in dieser Untersuchung ermittelten N-Depositionen ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die gemessenen Werte die Grundbelastung der trockenen und nassen N-Deposition darstellen. Bei genauerer Betrachtung der monatlichen Messwerte der einzelnen BDF II-Standorte im Jahresverlauf fiel auf, dass zu bestimmten Zeitpunkten extrem hohe N-Depositionseinträge gemessen wurden. So wurden bspw. allein zwischen April und Juni 2013

34 kg NO₃-N und 29 kg NH₄-N auf der BDF 43 eingetragen (Abbildung 17). Auch in den Jahren zuvor wurden zum Teil sehr hohe N-Konzentrationen in den Bulk-Sammlern dieser BDF gemessen (vgl. BARTH ET AL. 2014).

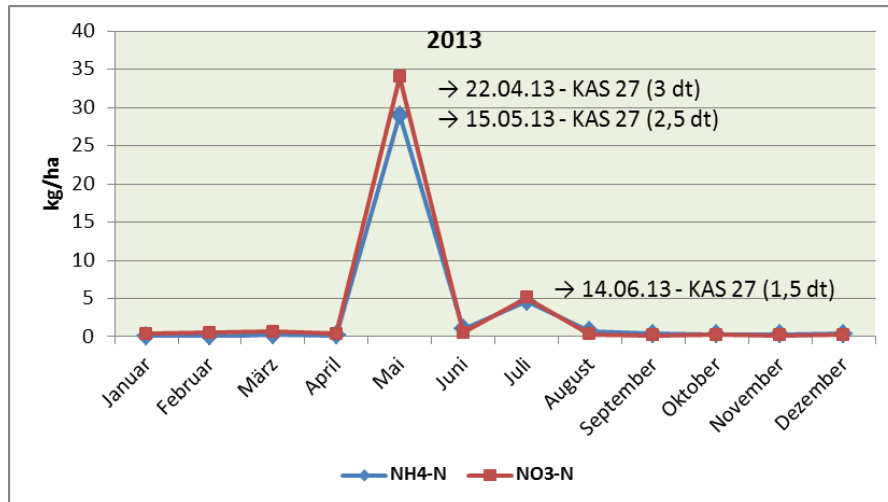


Abbildung 17: Gemessene N-Mengen im Jahr 2013 auf der BDF 43

Durch Abgleich der Bewirtschaftungsdaten der Flächen mit den Messdaten der Bulk-Sammler konnte festgestellt werden, dass im Zeitraum des hohen N-Depositionseintrages stickstoffhaltige Düngemittel auf die Fläche ausgebracht wurden. Es ist daher zu vermuten, dass sich N-Verluste aus der Düngung, je nach N-Form sowie Boden- und Klimafaktoren, in den N-Depositionen wiederfinden. Ergebnisse von Untersuchungen zu N-Verlusten aus Mineraldüngern zeigen jedoch nur eine niedrige Verlustgefährdung (vgl. DÖHLER ET AL. 2002, SCHMIDHALTER UND FELBER 2012).

Es kann daher angenommen werden, dass die hohen N-Einträge weniger als Verlust der Entgasung anzusehen sind, sondern vielmehr das Resultat von direkten Mineraldüngereinträgen in die Bulk-Sammler darstellen. Diese These wird dadurch gestützt, dass das Verhältnis des Eintrages von NH₄-N und NO₃-N weitestgehend 50:50 beträgt und daher vor allem die N-Zusammensetzung von KAS-Dünger, welcher hauptsächlich ausgebracht wird, widerspiegelt.

Die erhöhten N-Depositionswerte, die somit primär auf das Ausbringen von N-haltigen Düngemitteln zurückzuführen sind, wurden dementsprechend herausgerechnet. Damit wurde gewährleistet, dass die natürlichen N-Depositionen ermittelt werden und N-Mengen, die infolge der Düngung eingebracht werden, nicht doppelt als N-Eintrag in die Bilanzrechnung einfließen. Wie hoch die Unterschiede der N-Einträge durch die trockene und nasse Deposition mit und ohne Berücksichtigung der Düngung sein können, wird im Heft 38/2014 der LfULG-Schriftenreihe dargestellt (vgl. BARTH ET AL. 2014).

4.1.3 N-Zufuhr durch symbiotische N-Bindung

Die Ableitung der symbiotischen N-Bindung auf den BDF erfolgte in Abhängigkeit von der Fruchtartengruppe und dem Ertrag. Die Höhe der N-Zufuhr auf Ackerflächen ergab sich dabei aus dem Ertrag der jeweiligen Leguminosen, multipliziert mit dem Richtwert der symbiotischen N-Bindung. Auf Grünlandstandorten resultierte die Höhe der N-Zufuhr aus der Zuordnung der Nutzungshäufigkeit bzw. des Gesamtertrages sowie aus dem Leguminosenertragsanteil im Bestand (vgl. SLFL 2007).

In Abbildung 18 sind die N-Einträge der Jahre 2012, 2013 und 2014 zum einen für Grünlandstandorte zum anderen für Leguminosenstandorte dargestellt. Auf insgesamt elf BDF, welche mindestens einmal in drei Jahren als Grün-

landstandort genutzt wurden, lagen die N-Zufuhren zwischen 3 und 25 kg N/ha. Mit Ausnahme der BDF 42, welche aufgrund ihrer höheren Gesamterträge über alle drei Jahre hinweg N-Zufuhren von 20 kg oder mehr zu verzeichnen hat, können diese N-Einträge jedoch als gering eingeschätzt werden.

Deutlich höhere N-Zufuhren hingegen wiesen die fünf Leguminosenstandorte auf³. Je nach Anbauprodukt (Klee bzw. Klee gras, Luzerne, Erbsen) und Ertragshöhe wurden auf diesen Flächen N-Zufuhren zwischen 40 und 200 kg/ha erreicht.

An dieser Stelle ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Abschätzung der symbiotischen N-Bindung für die Grünland- und Leguminosenstandorte mit Unsicherheiten behaftet ist. Zum einen beruhen die in die Berechnung eingehenden Koeffizienten auf Schätzwerten, zum anderen werden auch die Erträge auf diesen Flächen nicht immer genau erfasst bzw. gemessen, sondern häufig abgeschätzt. Ferner ist die legume N-Bindung vom Leguminosenanteil im Grünland abhängig, der je nach Düngungsintensität stark variiert.

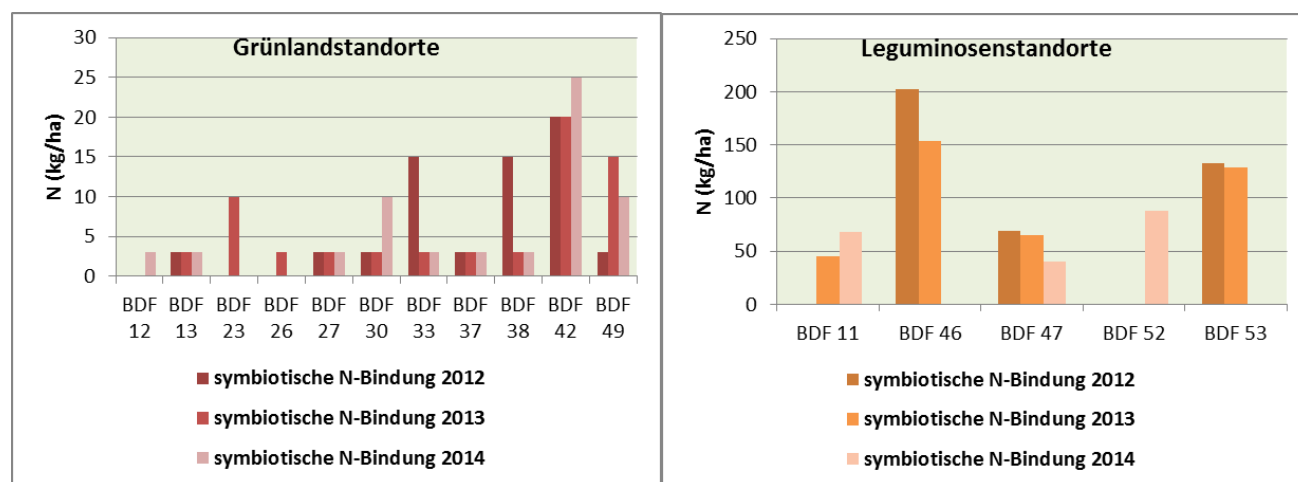


Abbildung 18: N-Zufuhr durch symbiotische N-Bindung 2012, 2013 und 2014 auf Grünland- (links) und Leguminosenstandorten (rechts)

4.2 Outputparameter

4.2.1 N-Austräge Sickerwasser

Für die Bestimmung der N-Frachten mit dem Sickerwasser wurden zunächst die Wassergehalte der Ober- und Unterböden zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemessen und modelliert. Der anschließende Vergleich der Werte ermöglichte die Validierung des Modells BOWAM. Im zweiten Schritt konnten hierdurch die jährlichen Sickerwassermengen jeder BDF ermittelt werden. Im dritten Schritt wurden die N-Konzentrationen der Sickerwässer bestimmt und mit den Sickerwassermengen verrechnet, so dass letztlich die N-Frachten, die den Boden aus 60 cm verlassen, berechnet werden konnten.

4.2.1.1 Modellergebnisse Wassergehalt

Die Wasserhaushaltsmodellierung erfolgte für die Jahre 2012, 2013 und 2014. Im Ergebnis wurden durch das Modell Tages-, Monats-, Jahres- und Gesamtbilanzen für die Bodenfeuchtwerte bzw. Wassergehalte und die Si-

³ Aufgrund fehlender Bewirtschaftungsdaten im Jahr 2014 konnte für die BDF 53 keine symbiotische N-Bindung berechnet werden.

ckerwassermengen erstellt. Zur Validierung der Modellergebnisse wurden die simulierten Wassergehalte der Ober- sowie Unterböden mit den zum jeweiligen Zyklus gemessenen Wassergehalten verglichen (Anlagen 8 bis 13).

Der Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Wassergehalten der Oberböden aller BDF zeigte für alle drei Jahre eine sehr hohe Übereinstimmung der Werte. Im Jahr 2012 entsprachen annähernd 87 % der modellierten Werte den der gemessenen, im Jahr 2013 sind es 88 % und im Jahr 2014 sogar 93 % (Abbildung 19). Im insgesamt sehr niederschlagsreichen Jahr 2013 nahm jedoch der Anteil von modellierten Wassergehalten, welche um 5-10 Vol.-% abwiechen, leicht zu. Das relativ trockene Jahr 2014 hingegen zeigte im Vergleich zu den Jahren zuvor mit nur 7 % an Wassergehalten, welche um über 10 Vol.-% von den gemessenen abweichen, die höchste Übereinstimmung.

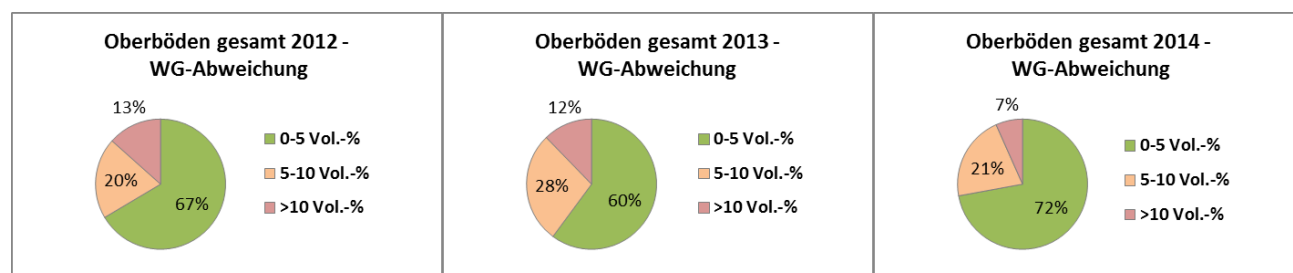


Abbildung 19: Wassergehaltsabweichungen der Oberböden 2012, 2013 und 2014

Werden die Abweichungen der Wassergehalte der einzelnen Zyklen miteinander verglichen, so sind nur geringe Unterschiede zu erkennen. Bei Betrachtung der einzelnen BDF-Standorte ergibt sich jedoch ein differenzierteres Bild. Am realistischsten werden die Wassergehalte der Böden auf sandigen Standorten sowie der Lössstandorte wiedergegeben. Nur 7 % der simulierten Werte weichen hier über 10 Vol.-% ab. Auf den Böden der Berg- und Hügelländer differieren 9 % der Werte um über 10 Vol.-%. Die größten Unsicherheiten traten bei den Auenböden auf. Hier weisen ein Viertel aller modellierten Wassergehalte Abweichungen von über 10 Vol.-% auf.

Die folgende Abbildung 20 zeigt die Wassergehaltsabweichungen der Unterböden aller BDF in den Jahren 2012, 2013 und 2014. Auch hier sind hohe Übereinstimmungen der Wassergehalte zu verzeichnen, jedoch traten im Vergleich zu den Oberböden größere Unsicherheiten bzw. Wassergehaltsabweichungen auf. Deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Zyklen sind auch hier nicht festzustellen. Insgesamt stimmen durchschnittlich 83 % (2012), 81 % (2013) und 89 % (2014) der berechneten Wassergehalte mit den gemessenen überein. Damit zeigen auch die Wassergehalte der Unterböden im Jahr 2014 die höchste Übereinstimmung. Im Schnitt weichen jedoch 16 % der Werte um über 10 Vol.-% von den gemessenen ab. Verantwortlich hierfür sind, wie schon bei den Oberböden festgestellt, insbesondere die acht Auenstandorte. Die höheren Wassergehaltsabweichungen auf diesen Flächen ergeben sich hauptsächlich dadurch, dass das Modell BOWAM speziell darauf ausgelegt ist, die hydrologischen Prozesse innerhalb der ungesättigten Bodenzone zu simulieren. Die komplizierten und außerordentlich vielschichtigen Wassertransport- und Wasserspeicherprozesse innerhalb der gesättigten Bodenzone (Kapillarwirkung, Grundwassereinfluss, seitliche Zuflüsse, usw.), wie sie an den Auenstandorten auftreten, werden durch das Modell BOWAM nicht vollumfänglich berücksichtigt.

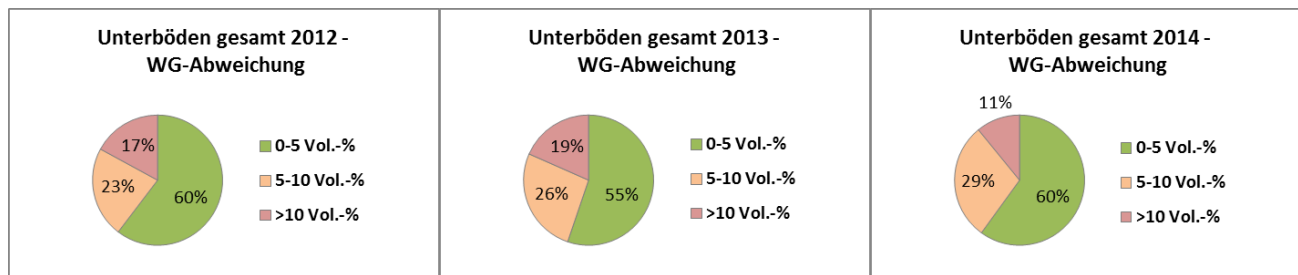


Abbildung 20: Wassergehaltsabweichungen der Unterböden 2012, 2013 und 2014

Die Ergebnisse zeigen, dass die simulierten Wassergehalte sowohl der Oberböden als auch der Unterböden die realen Wassergehalte gut abbilden und daher auch die modellierten Sickerwassermengen der jeweiligen Standorte den tatsächlichen Mengen näherungsweise entsprechen. Eine Ausnahme bilden lediglich einige Auenstandorte. Die hier modellierten Wassergehalte weisen zum Teil zu hohe Abweichungen von den gemessenen auf, weshalb die berechneten Sickerwassermengen auf diesen Flächen kritisch zu betrachten sind.

4.2.1.2 Modellergebnisse Sickerwassermengen

Die Sickerwassermengen, die den Boden aus 60 cm Tiefe verlassen, lagen im Jahr 2012 je nach Niederschlagsmengen, Standort- und Nutzungsverhältnissen zwischen 0 (BDF 22) und 597 mm/m² (BDF 53) (Abbildung 21). Durchschnittlich wurde ein Wert von 312 mm/m² erreicht.

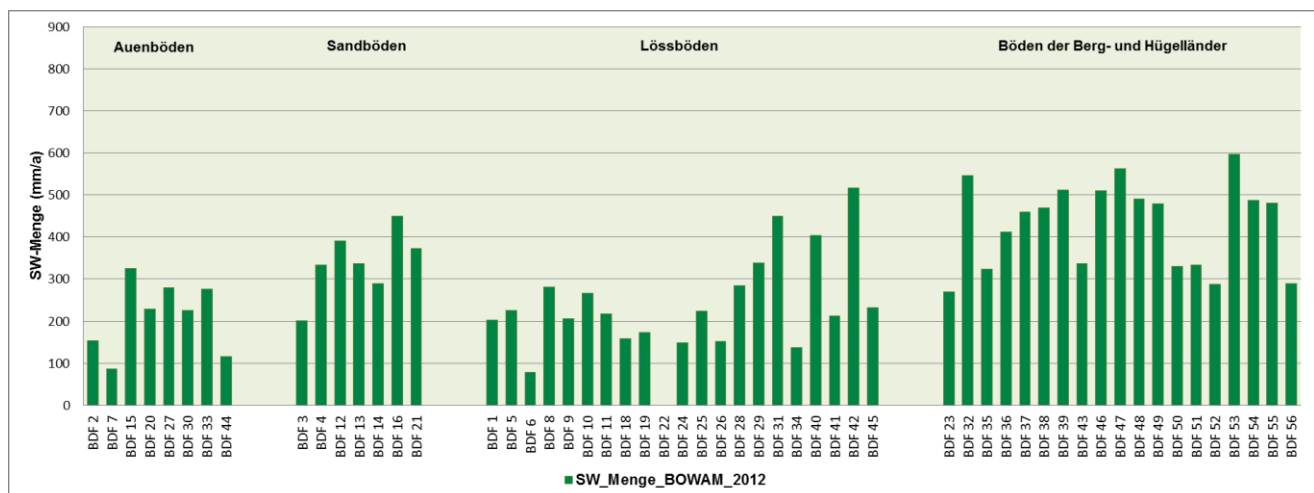


Abbildung 21: Modellerte Sickerwassermenge aus 60 cm Tiefe im Jahr 2012

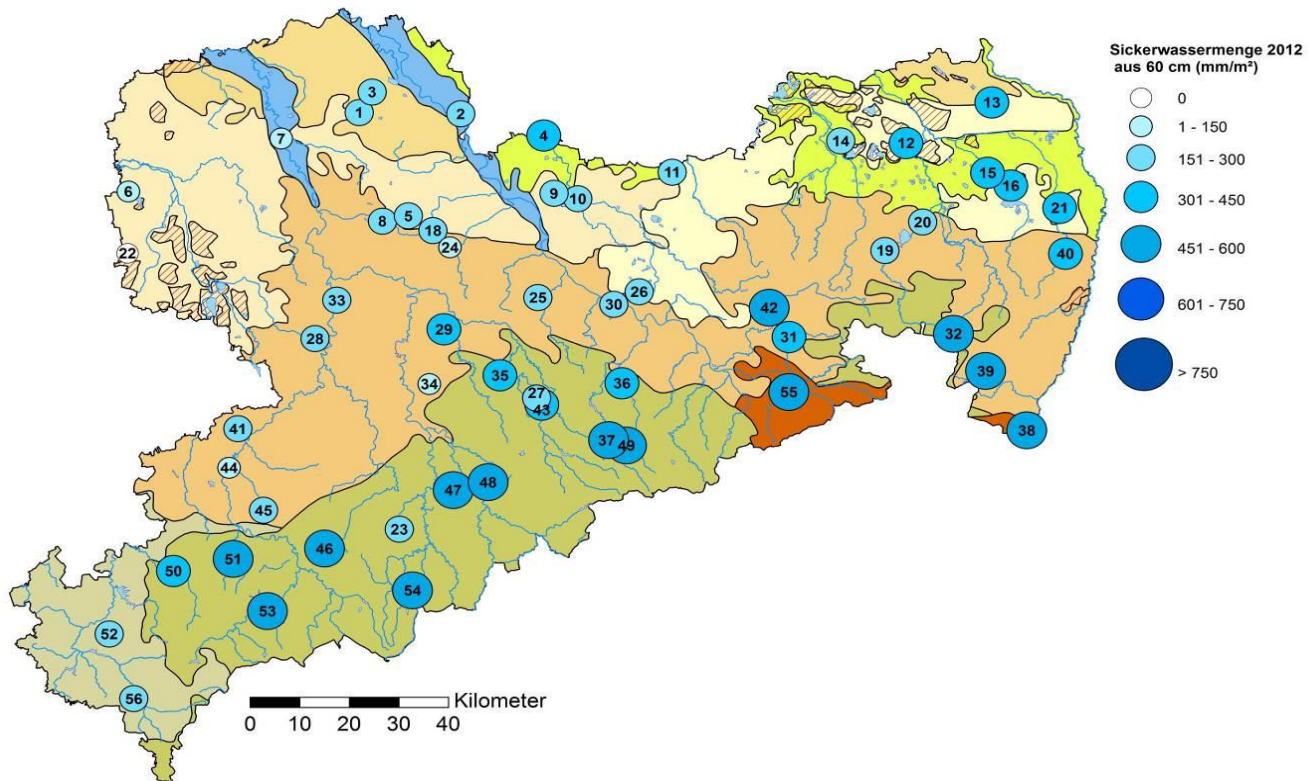


Abbildung 22: Räumliche Darstellung der Sickerwassermengen aus 60 cm der einzelnen BDF-Standorte im Jahr 2012

Für das Jahr 2013 wurden Sickerwassermengen zwischen 24 (BDF 22) und 856 mm/m² (BDF 53) modelliert (Abbildung 23). Im Durchschnitt entspricht dies einer Sickerwassermenge von 374 mm/m².

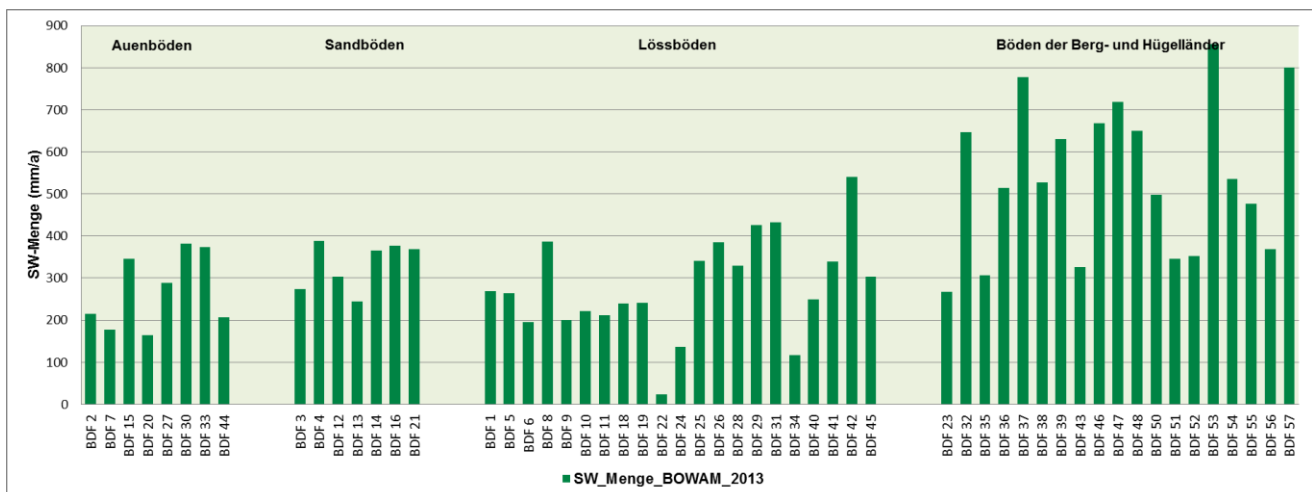


Abbildung 23: Modellierte Sickerwassermenge aus 60 cm Tiefe im Jahr 2013

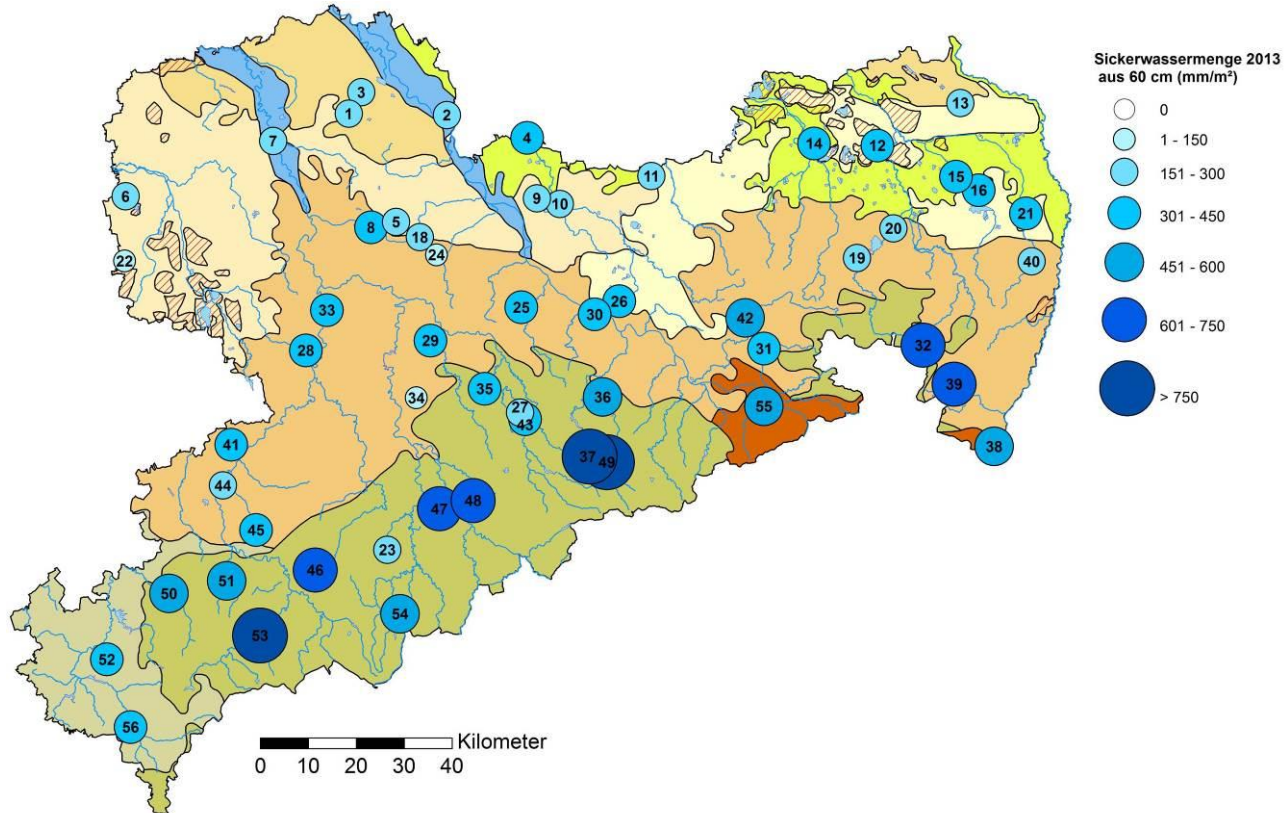


Abbildung 24: Räumliche Darstellung der Sickerwassermengen aus 60 cm der einzelnen BDF-Standorte im Jahr 2013

Im Gegensatz zu den Jahren 2012 und 2013 wurden auf den BDF im Jahr 2014 mit durchschnittlich 104 mm/m² nur sehr geringe Sickerwassermengen ermittelt (Abbildung 25). Auf insgesamt fünf Flächen kam es zu keiner Sickerwasserbildung. Mit 272 mm/m² wurde die höchste Menge an Sickerwasser auf der BDF 14 erreicht.

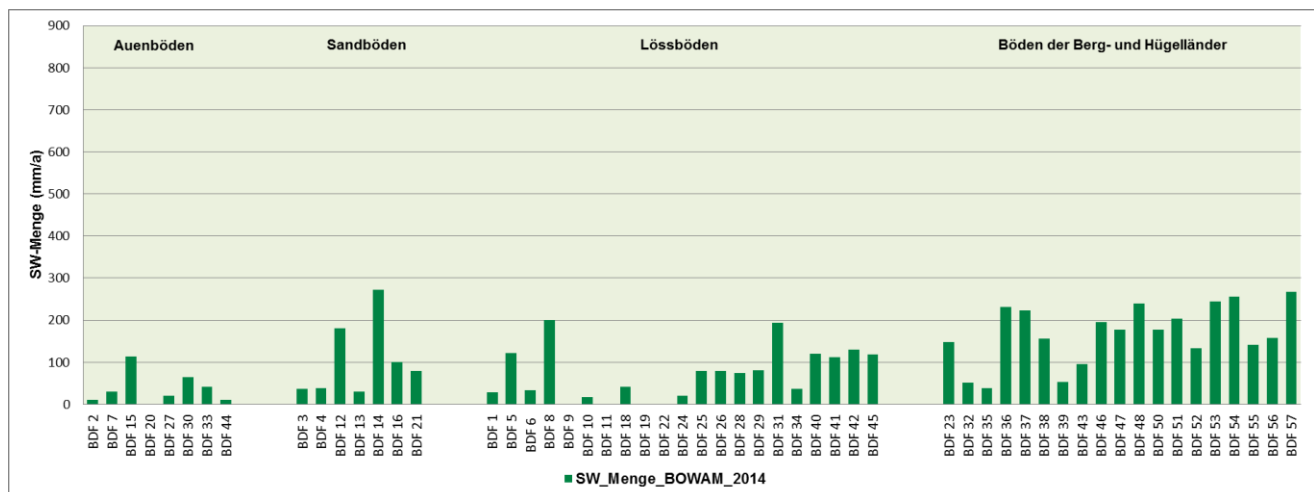


Abbildung 25: Modellierte Sickerwassermenge aus 60 cm Tiefe im Jahr 2014

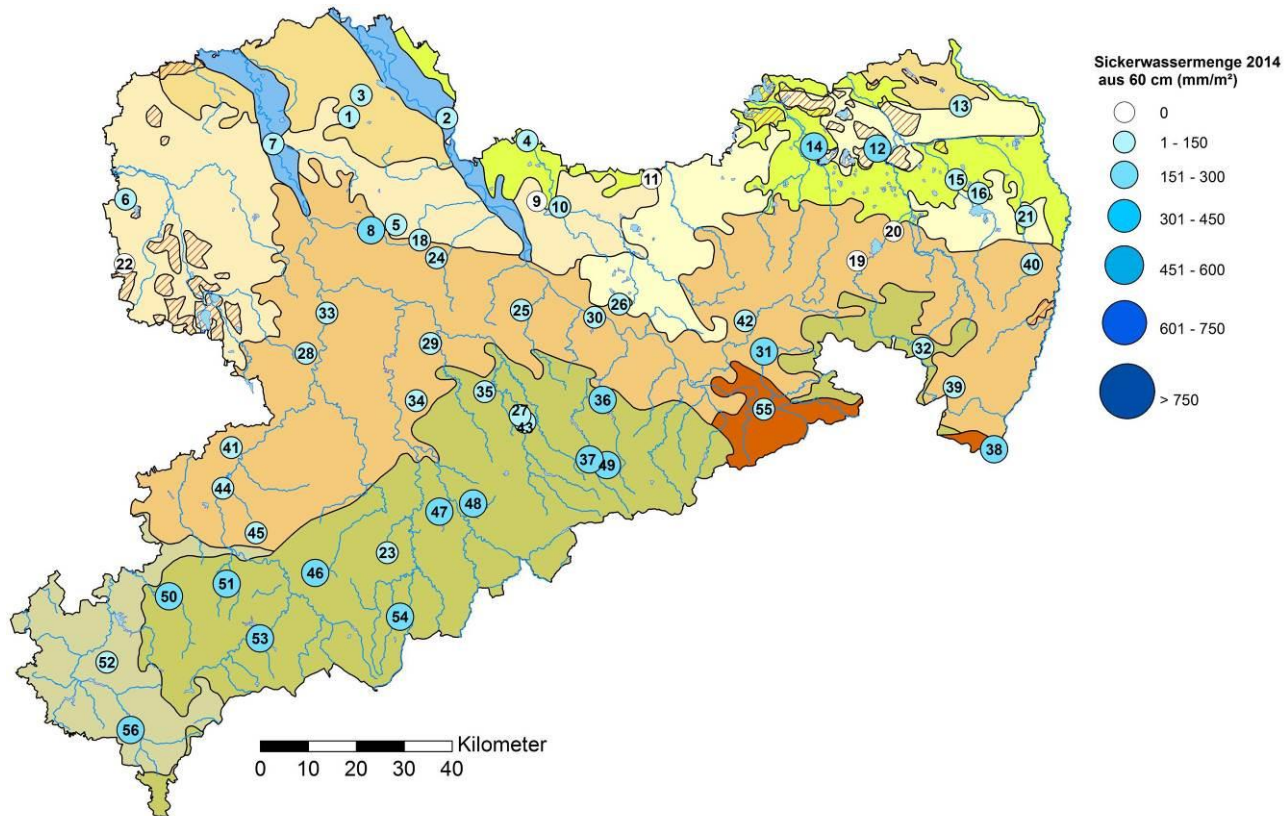


Abbildung 26: Räumliche Darstellung der Sickerwassermengen aus 60 cm der einzelnen BDF-Standorte im Jahr 2014

Wie in den Abbildung 22, 24 und 26 zu erkennen ist, weisen erwartungsgemäß vor allem sandige Standorte sowie Böden der Berg- und Hügelländer die höchsten Sickerwasserraten auf. Die geringsten Sickerwassermengen hingegen werden in niederschlagsarmen Regionen und auf Lössstandorten gebildet. Jedoch muss darauf hingewiesen werden, dass sich insbesondere die Lössstandorte sowohl klimatisch als auch pedologisch zum Teil deutlich voneinander unterscheiden, was sich auch in der Heterogenität der Sickerwassermengen an diesen Standorten widerspiegelt.

Die zum Teil sehr hohen Sickerwassermengen, insbesondere die des Jahres 2013, sind vorrangig auf die besonderen klimatischen Verhältnisse in Sachsen zurückzuführen. So lagen die Niederschläge im Jahr 2012 vor allem in Ostsachsen und im Jahr 2013 in fast ganz Sachsen um bis zu 30 % höher als im langjährigen Mittel (Abbildung 27).

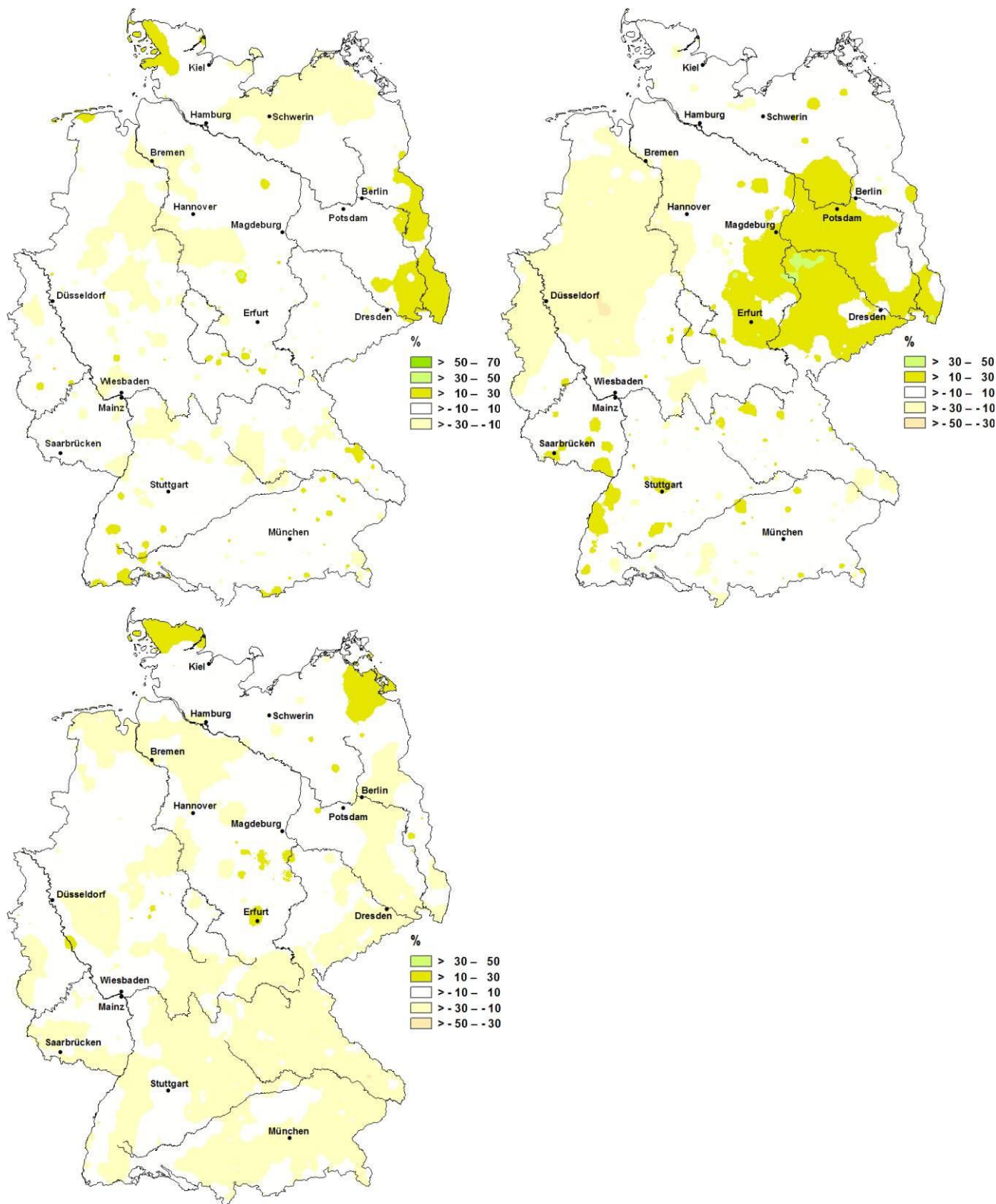


Abbildung 27: Abweichung der Niederschläge vom Normalwert 1961 bis 1990 in Deutschland im Jahr 2012 (links), im Jahr 2013 (rechts) und im Jahr 2014 (unten) (Quelle: DWD 2014)

Speziell die vielerorts hohen Niederschläge in der Woche des Monatswechsels von Mai zu Juni 2013, die zum Teil über 200 Liter pro Quadratmeter brachten und damit die Vorlage für das dann folgende drastische Hochwasserereignis lieferten, trugen hierzu bei. Anders stellte sich die klimatische Situation in Sachsen im Jahr 2014 dar. Im sächsischen Klimabericht wurde das Jahr 2014 mit seinen Besonderheiten und Extremen als Musterbeispiel für

den voranschreitenden Klimawandel in Sachsen beschrieben (vgl. FRANKE ET AL. 2015). Es herrschten extrem hohe Temperaturen im Jahresmittel und mit -10 % Jahresniederschlag war das Jahr 2014 insgesamt zu trocken (Abbildung 27). Diese klimatischen Bedingungen spiegeln sich auch sehr deutlich in den ermittelten Sickerwassermengen wieder.

Abbildung 28 zeigt den Zusammenhang zwischen Niederschlags- und Sickerwassermenge. Dabei ist gut zu erkennen, dass die Korrelation umso höher ausfällt, je höher die Niederschlagsmengen sind.

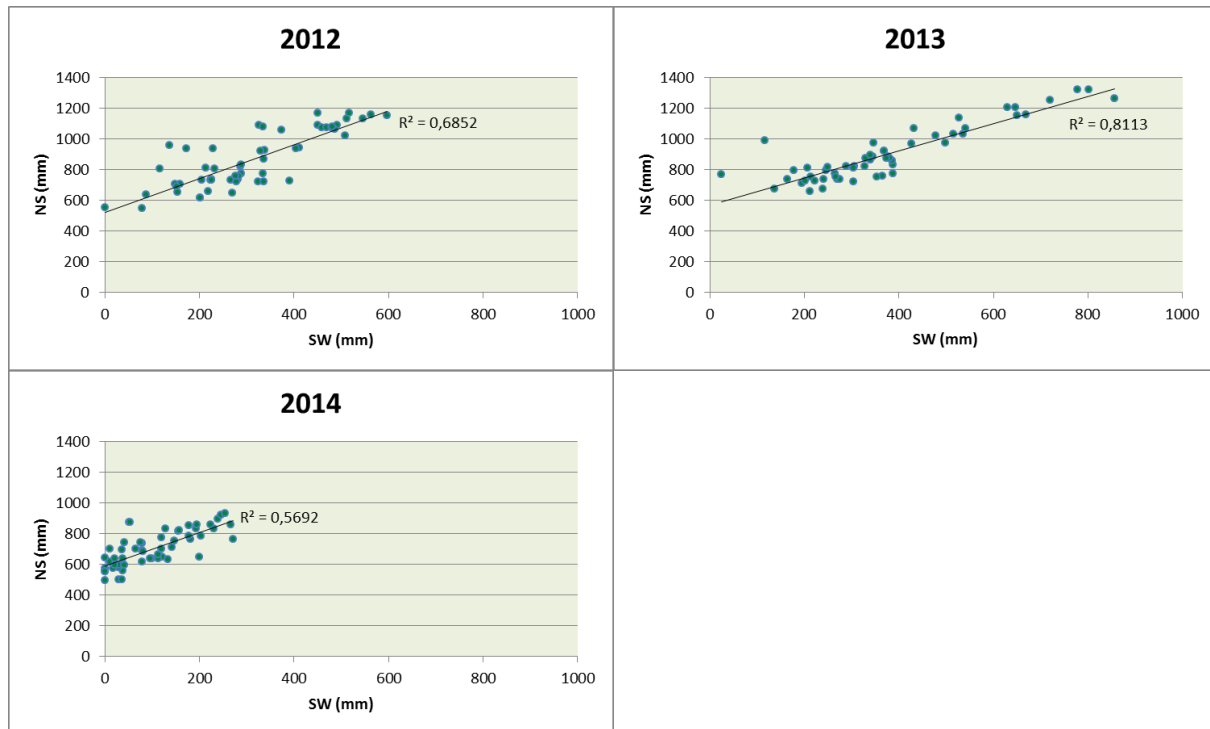


Abbildung 28: Zusammenhang zwischen Niederschlags- und Sickerwassermenge

Wesentliche Sickerwassermengen wurden auf allen Standorten überwiegend im Winter gebildet, wenn die Böden ausreichend durchnässt waren und kaum Verdunstung stattfand (Abbildung 29). Der Sickerwasseranfall in diesem Zeitraum betrug durchschnittlich über 70 % des Niederschlages. Insbesondere im Monat Januar fielen im dreijährigen Mittel 80 % des Niederschlagswassers als Sickerwasser an. Hohe Verdunstungsraten sowie die Wasseraufnahme durch die Pflanzen in den Sommermonaten führten dazu, dass im Mittel lediglich 12 % des Niederschlages als Sickerwasser gebildet wurden. Speziell im Monat August kam es nur auf einigen wenigen Flächen überhaupt zu einer Sickerwasserbildung. Werden die verschiedenen Bodenregionen miteinander verglichen, so ist der Anteil des Sickerwassers am Niederschlag, vor allem auf Standorten der Berg- und Hügelländer, aber auch auf Sandböden, mit Ausnahme im Frühjahr, am höchsten.

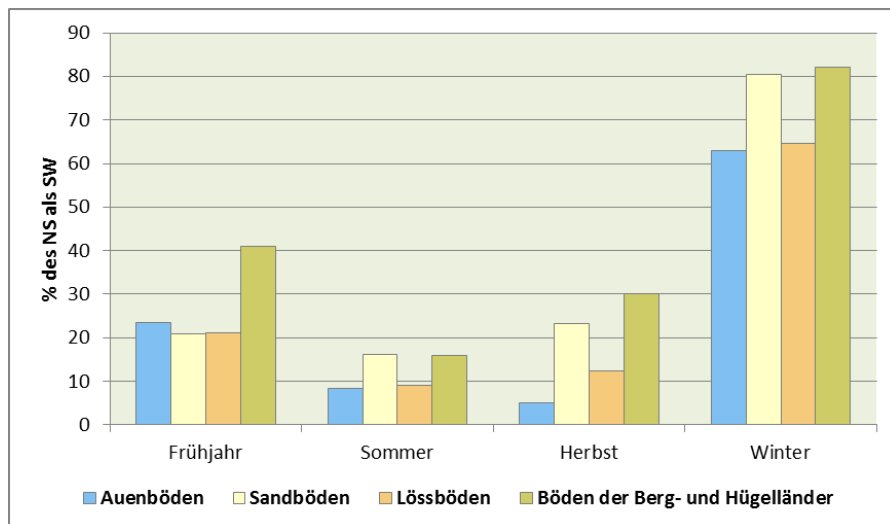


Abbildung 29: Prozentualer Anteil des Sickerwassers am Niederschlag zu verschiedenen Jahreszeiten (dreijähriger Mittelwert 2012 bis 2014)

Auf einigen Standorten, insbesondere im Bereich der Berg- und Hügelländer, konnten zu bestimmten Zeitpunkten zudem überproportional hohe Sickerwassermengen verzeichnet werden. Beispielhaft hierfür die BDF 53, welche im März 2012 bei insgesamt nur 48 mm Niederschlag eine Sickerwassermenge in Höhe von 266 mm aufwies. Verantwortlich für diese hohe Sickerwassermenge auf diesem Standort waren Niederschläge aus den Vormonaten, die bei Temperaturen unter 0 °C nicht in den Boden infiltrierten, sondern den Aufbau einer Schneedecke bewirkten und in dieser gespeichert wurden. Ein Anstieg der Temperaturen im März führte zur Schneeschmelze und damit zur Wasserabgabe aus der Schneedecke zur Bodenoberfläche und folglich zu einer erhöhten Bildung von Sickerwasser.

4.2.1.3 N-Konzentrationen im Sickerwasser

Bei der N-Auswaschung mit dem Sickerwasser werden insbesondere die anorganischen N-Verbindungen $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$ verlagert. Auch wenn Ammonium-N und Nitrit-N nur in sehr geringen Konzentrationen auftreten und die N-Auswaschung überwiegend als $\text{NO}_3\text{-N}$ erfolgt, wurden in dieser Untersuchung alle drei N-Formen berücksichtigt. Es wurden die jeweiligen Konzentrationen bestimmt und als Gesamt-N zusammengefasst. Schwankungen der N-Konzentrationen im Jahresverlauf waren, wenn auch nur geringfügig, ersichtlich, da die Konzentrationen in den Zyklen 1 und 3 etwas höher lagen als im zweiten Zyklus. Ein Grund hierfür ist, dass der im Eluat bestimmte, leicht verfügbare Vorrat von Stickstoff zu dieser Zeit von den Pflanzen verwertet wird.

Die Berechnung der N-Konzentrationen im Sickerwasser erfolgte auf Basis eines Eluatversuchs im Verhältnis von 1:10. Danach erfolgte die Umrechnung zu einem Verhältnis von 1:1. Ermittelt wurden die N-Konzentrationen im Wasser des Ober- sowie des Unterbodens. Anschließend wurde der Mittelwert der N-Konzentrationen aus beiden Schichten für jeden Standort berechnet.

Im Jahr 2012 wurde durchschnittlich eine N-Gesamtkonzentration von $13 \pm 7,7 \text{ mg/l}$ (ca. 57 mg/l NO_3) erreicht (Abbildung 30). Zwischen den einzelnen Standorten bestehen allerdings deutliche Unterschiede. Die höchsten N-Konzentrationen wurden auf Lössstandorten sowie auf einigen Auenflächen gemessen. Mit über 50 mg/l wies insbesondere die BDF 22, im Vergleich zu den restlichen BDF, eine sehr hohe N-Konzentration auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass auf diesem Standort, kurz vor der Probenahme im ersten Zyklus, mineralische Düngemittel ausgebracht wurden. Die geringsten N-Konzentrationen im Jahr 2012 wiesen die Böden der Berg- und Hügelländer, vor allem aber die Standorte der Sandböden auf. Auch in den Jahren 2013 und 2014 zeigten fast alle BDF auf Sand sehr geringe N-Konzentrationen. Dies ist vorrangig damit zu erklären, dass das Haltevermögen von Stickstoff

in Böden mit hohem Sandanteil geringer ist und Nitrat dadurch schneller in tiefere Bodenhorizonte verlagert wird. Im Gegensatz zum Jahr 2012 lagen die N-Konzentrationen der Sickerwässer der Böden der Berg- und Hügelländer zum Teil etwas höher, die der Lössböden hingegen etwas niedriger. Insgesamt ergab die durchschnittliche N-Gesamtkonzentration im Jahr 2013 ebenfalls 13 ± 7 mg/l (Abbildung 31). Ein ähnliches Bild zeigen die N-Gesamtkonzentrationen im Jahr 2014 (Abbildung 32). Mit durchschnittlich $12 \pm 6,6$ mg/l (ca. 53 mg/l NO_3) lagen diese insgesamt auf dem gleichen Niveau wie in den beiden Jahren zuvor. Am homogensten zeigen sich die niedrigen N-Konzentrationen der Sandstandorte, wodurch die Tendenz bezüglich der N-Verlagerungsprozesse auf sandigen Standorten nochmals unterstrichen wird. Die N-Konzentrationen auf den restlichen Standorten, seien sie sowohl den Auen- oder Lössböden als auch den Böden der Berg- und Hügelländer zugehörig, können je nach Pufferkapazität des Standortes, Witterung, Ausbringungszeitpunkt der Düngemittel, Verwertung des verfügbaren N-Pools durch die Pflanzen, Art des Pflanzenbestandes und Mineralisierung sehr unterschiedlich sein.

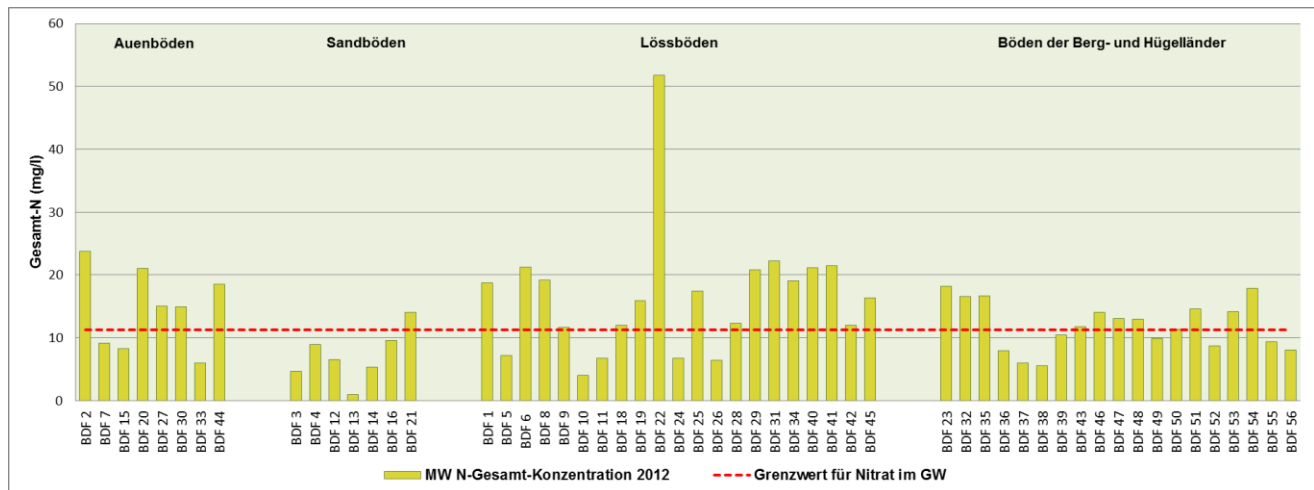


Abbildung 30: N-Gesamtkonzentrationen im Sickerwasser im Jahr 2012

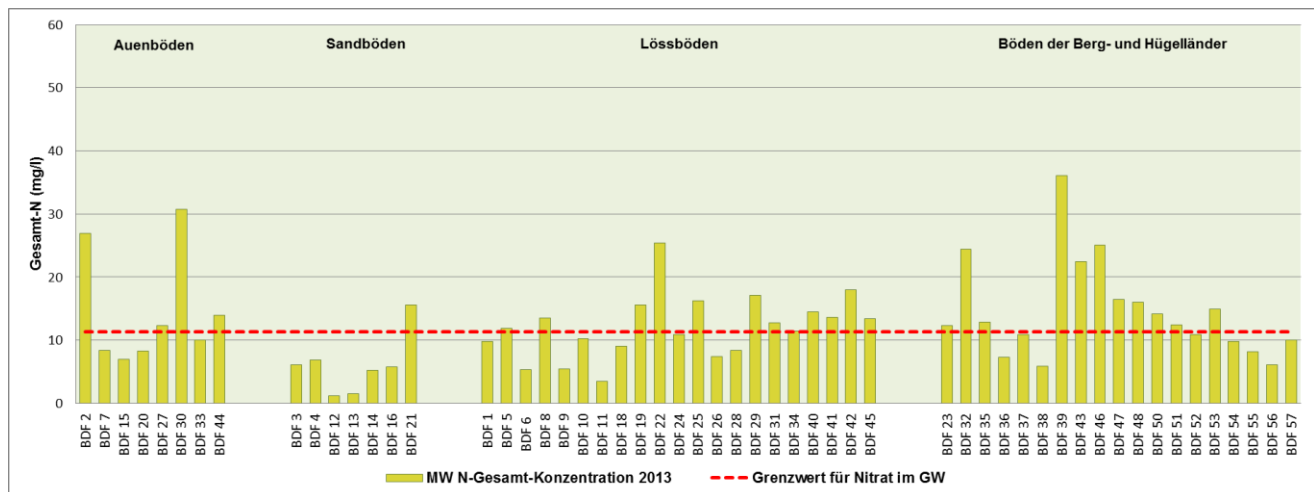


Abbildung 31: N-Gesamtkonzentrationen im Sickerwasser im Jahr 2013

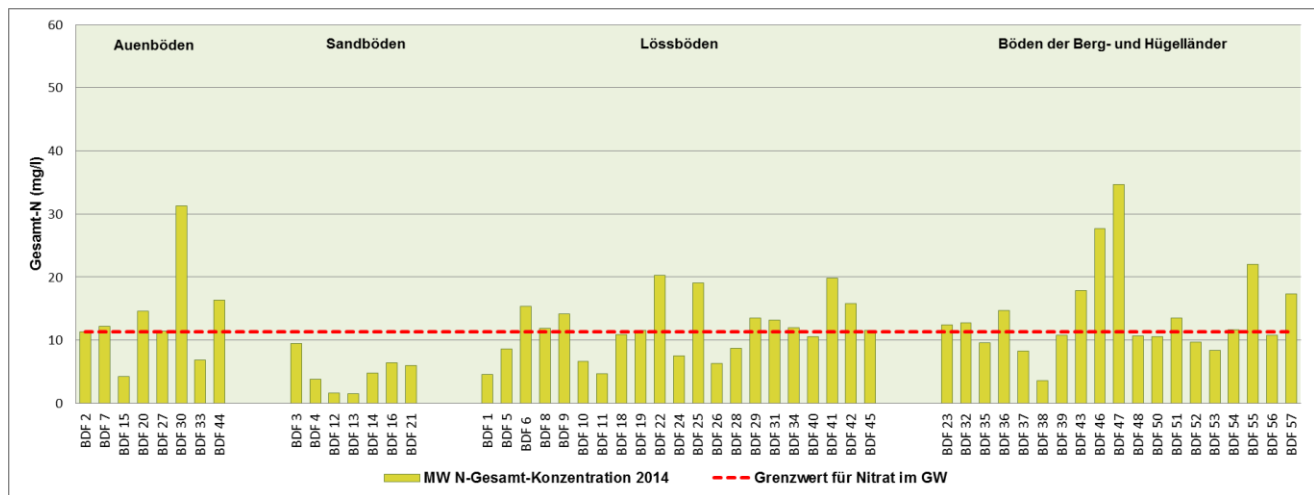


Abbildung 32: N-Gesamtkonzentration im Sickerwasser im Jahr 2014

Zur Einschätzung der N-Konzentrationen im Sickerwasser kann der Grenzwert aus der Trinkwasserverordnung von 50 mg NO₃/l herangezogen werden. Dieser wird demnach im Jahr 2012 auf 60 %, in den Jahren 2013 und 2014 auf 50 %, der BDF überschritten. Auch wenn einige BDF somit zum Teil sehr hohe N-Konzentrationen im Sickerwasser aufweisen, ist grundsätzlich zu beachten, dass die N-Konzentrationen nicht denjenigen unterhalb der Wurzelzone entsprechen müssen, da sie aufgrund des pflanzlichen N-Entzugs noch niedriger ausfallen können. Im dreijährigen Mittel liegt die NO₃-Konzentration auf den BDF im Bereich zwischen 0 und 60 cm bei 56 mg/l, mit einer Schwankungsbreite von 4 bis 228 mg/l, und zeigt somit eine Größenordnung, wie sie häufig auch bei langjährigen Untersuchungen zur N-Auswaschung mit Hilfe von Lysimetern ermittelt wurde (vgl. TLL 2013).

4.2.1.4 N-Frachten mit dem Sickerwasser

Aus den Sickerwassermengen und den N-Konzentrationen im Sickerwasser ergibt sich die Höhe der N-Frachten, die den Boden aus 60 cm verlassen (Abbildungen 33, 35 und 37). Hierbei ist zu beachten, dass dieser N-Austrag nicht gleichzeitig den N-Eintrag ins Grundwasser darstellt, da keine Aussage dazu getroffen werden kann, welche Prozesse in den dazwischenliegenden Schichten auf den Eintrag wirken.

Die Höhe der N-Frachten aus 60 cm bewegte sich im Jahr 2012 zwischen 0 (BDF 22) und 100 kg/ha (BDF 31), im Jahr 2013 zwischen 4 (BDF 12 und 13) und 227 kg/ha (BDF 39). Die durchschnittlichen N-Frachten lagen bei 40 ± 24 (2012) bzw. bei 50 ± 45 kg/ha (2013). Da es im Jahr 2014 auf den BDF insgesamt nur zu sehr geringen Sickerwassermengen kam und auf vereinzelt Standorten überhaupt kein Sickerwasser gebildet wurde, fielen dementsprechend auch die N-Frachten vergleichsweise gering aus. Im Schnitt wurden lediglich 13 ± 14 kg N/ha ausgewaschen, wobei auf der BDF 47 mit 62 kg N/ha die höchste N-Fracht ermittelt wurde.

Dass eine hohe N-Konzentration im Sickerwasser nicht zwangsläufig zu einer hohen N-Fracht führt, zeigen die Werte der BDF 22. Im Jahr 2012 wurde auf dieser Fläche mit über 50 mg/l die höchste N-Konzentration gemessen. Da in diesem Jahr jedoch keine Sickerwassermengen zu verzeichnen waren, kam es auch zu keiner N-Auswaschung, sondern vielmehr zu einer N-Anreicherung. Dass mehr N angereichert als ausgewaschen wurde, gilt auch für die Vielzahl der BDF im Jahr 2014, welche nur sehr geringe bzw. keine N-Frachten aufwiesen. Umgekehrt können sehr hohe Sickerwassermengen und geringe N-Konzentrationen auch zu hohen N-Frachten führen, wie auf der BDF 53 im Jahr 2013. Die BDF 39 hingegen weist im Jahr 2013 sowohl hohe N-Konzentrationen im Sickerwasser als auch hohe Sickerwassermengen auf, was dazu führte, dass hier ein N-Austrag von über 200 kg/ha stattfand. Die Höhe sowie der zeitliche Ablauf der N-Auswaschung hängt daher nicht nur von wenig beeinflussbaren Faktoren wie Klima- und Standortverhältnissen ab, sondern auch von der Art und Intensität der Be-

wirtschaftung, welche sich zum Teil in der Höhe der N-Konzentrationen und damit auch in den N-Frachten widerspiegelt.

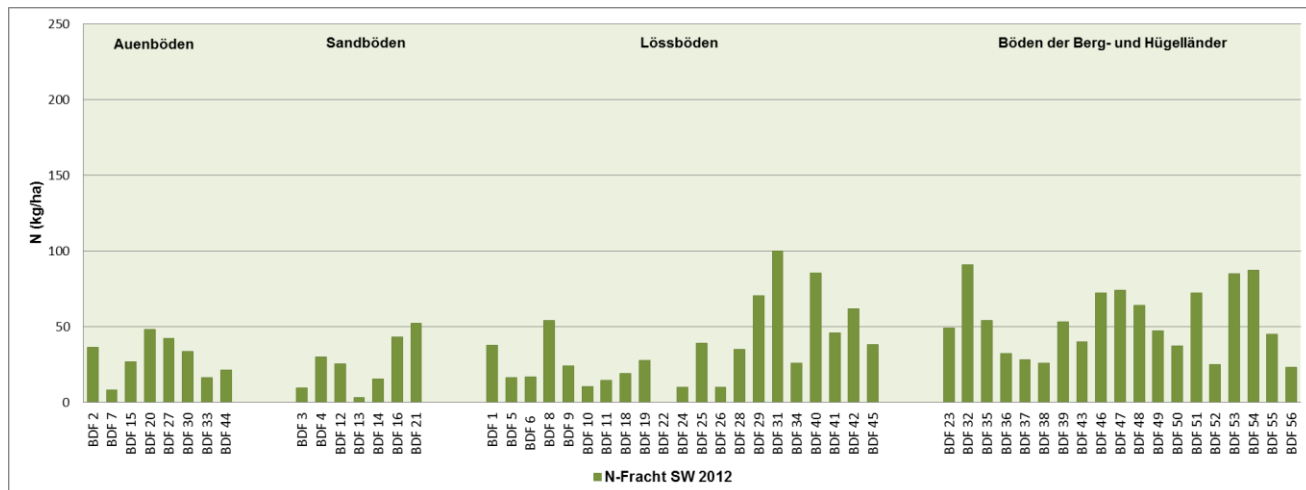


Abbildung 33: N-Frachten mit dem Sickerwasser aus 60 cm Tiefe im Jahr 2012

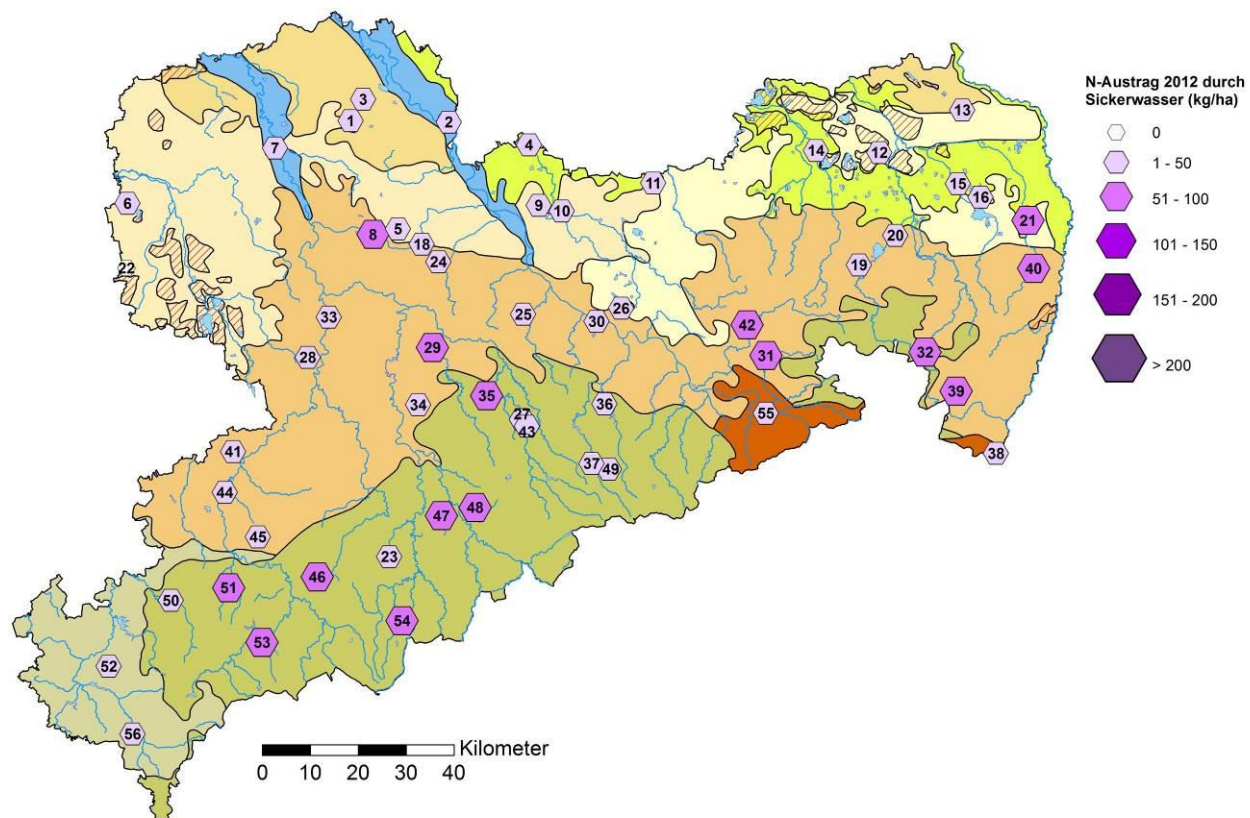


Abbildung 34: Räumliche Darstellung der N-Frachten mit dem Sickerwasser aus 60 cm Tiefe im Jahr 2012

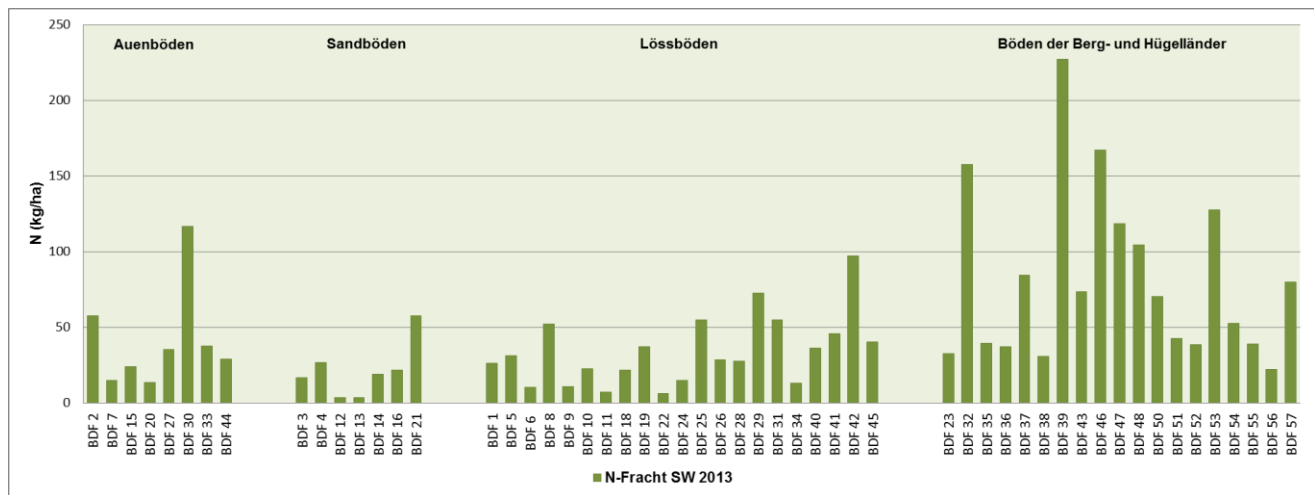


Abbildung 35: N-Frachten mit dem Sickerwasser aus 60 cm Tiefe im Jahr 2013

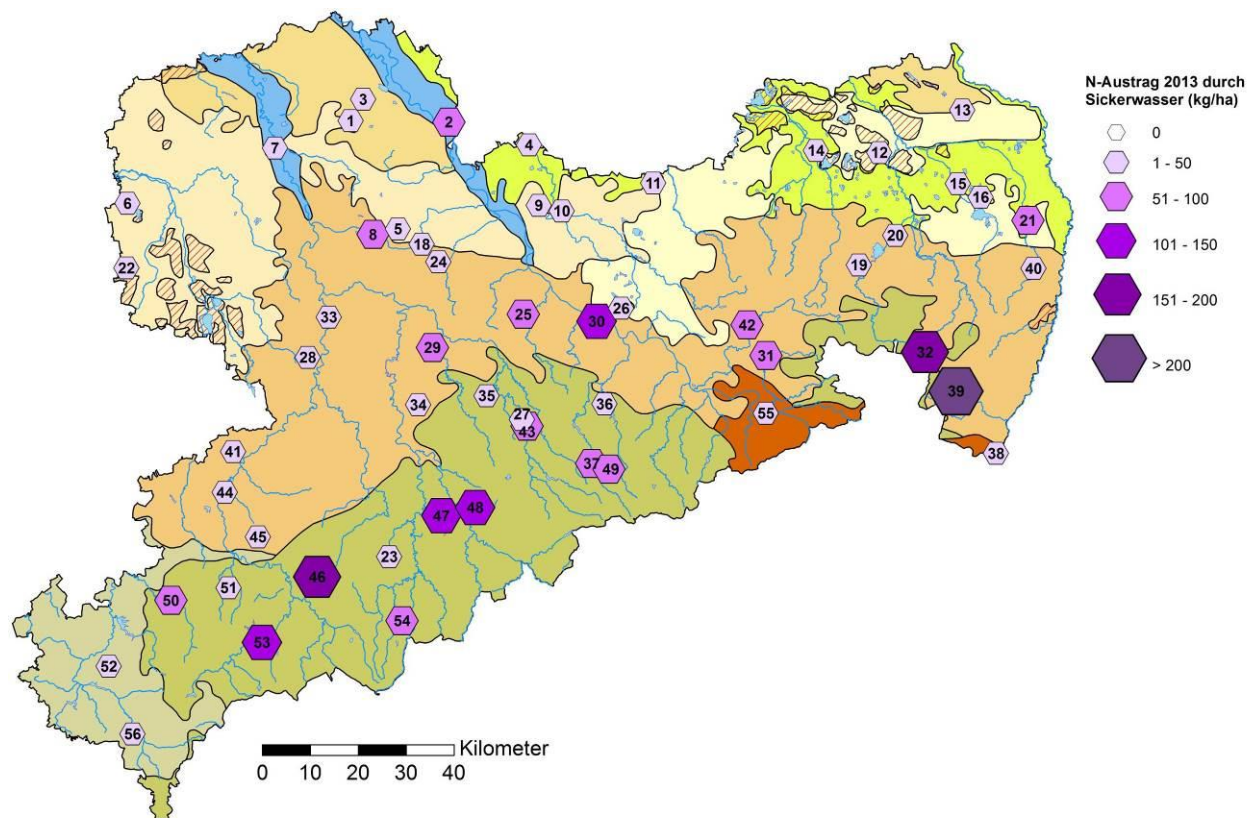


Abbildung 36: Räumliche Darstellung der N-Frachten mit dem Sickerwasser aus 60 cm Tiefe im Jahr 2013

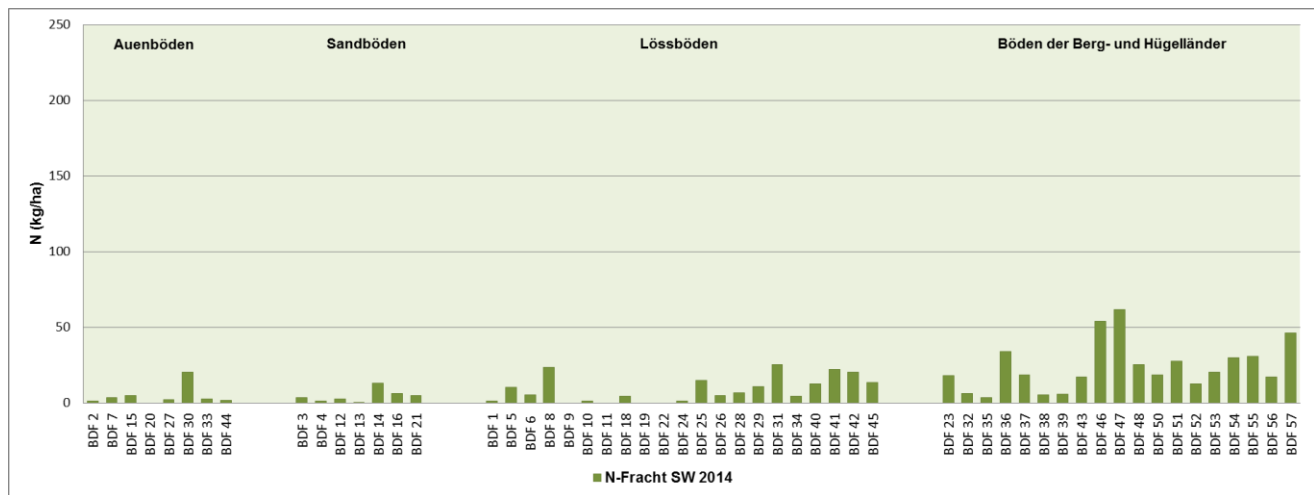


Abbildung 37: N-Frachten mit dem Sickerwasser aus 60 cm Tiefe im Jahr 2014

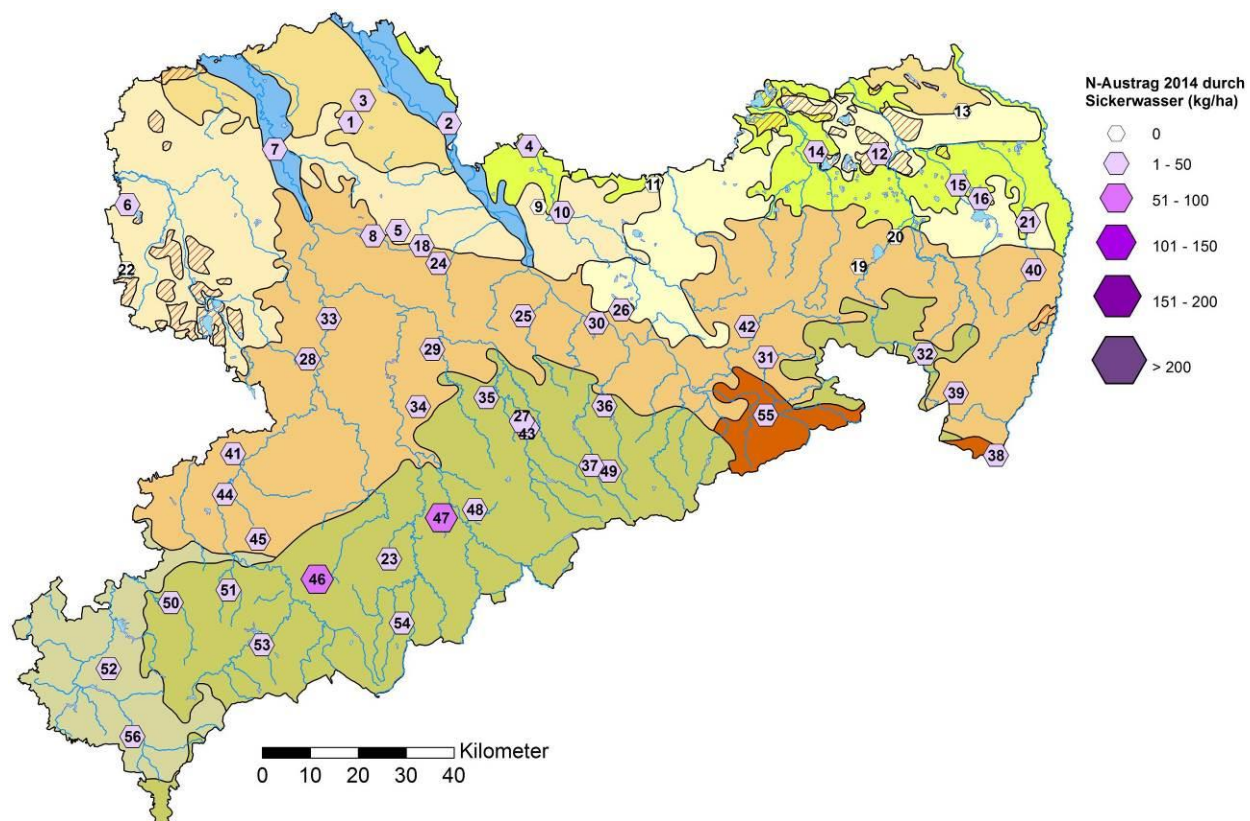


Abbildung 38: Räumliche Darstellung der N-Frachten mit dem Sickerwasser aus 60 cm Tiefe im Jahr 2014

Anhand der N-Konzentrationen des Sickerwassers sowie der ermittelten Sickerwassermengen konnten zum Teil deutliche Unterschiede bezüglich des Auswaschungsrisikos erkannt werden. In den einzelnen Jahren des Untersuchungszeitraums lag die Höhe der N-Frachten aus 60 cm in einem Bereich zwischen 0 und 227 kg/ha und zeigt somit Ergebnisse der Größenordnung, wie sie auch an der Lysimeterstation Leipzig in einer 15-jährigen Versuchsreihe ermittelt wurden (TLL 2013). Die höchsten N-Austräge fanden in allen drei Jahren auf den Böden der Berg- und Hügelländer statt (\bar{X} 52 kg/ha). Insbesondere die hier zu verzeichnenden hohen N-Austräge im Jahr 2013 resultieren dabei vorrangig aus den niederschlagsbedingten höheren Sickerwassermengen. Mit durchschnittlich

25 bzw. 26 kg/ha lagen die N-Austräge auf den Auen- bzw. Lössböden nur halb so hoch. Die Sandböden zeigten im dreijährigen Mittel mit 17 kg/ha die niedrigsten N-Frachten aus 60 cm. Aufgrund dieses Ergebnisses kann jedoch nicht angenommen werden, dass die Sandböden das geringste N-Auswaschungsrisiko besitzen. Die N-Austräge sind nur deshalb so niedrig, da diese Böden eine geringe Pufferkapazität aufweisen und aufgrund der Bodenstruktur der Großteil des Nitrats sehr schnell transportiert und verlagert wird.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen N-Frachten und N-Konzentrationen sowie zwischen N-Frachten und Sickerwassermengen konnte aus den Untersuchungen jedoch nicht abgeleitet werden (Abbildung 39). Auch KNOBLAUCH ET AL. (1999) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass ein Zusammenhang zwischen N-Konzentration im Sickerwasser und N-Austrag stark standortabhängig ist und nur über mehr- und langjährige Messreihen eindeutig erkennbar wird. Es ist daher zu empfehlen, weitere Zeitmessreihen, in der Intensität wie sie in der vorliegenden Untersuchung erfolgten, auch in Zukunft auf den BDF zu planen und durchzuführen.

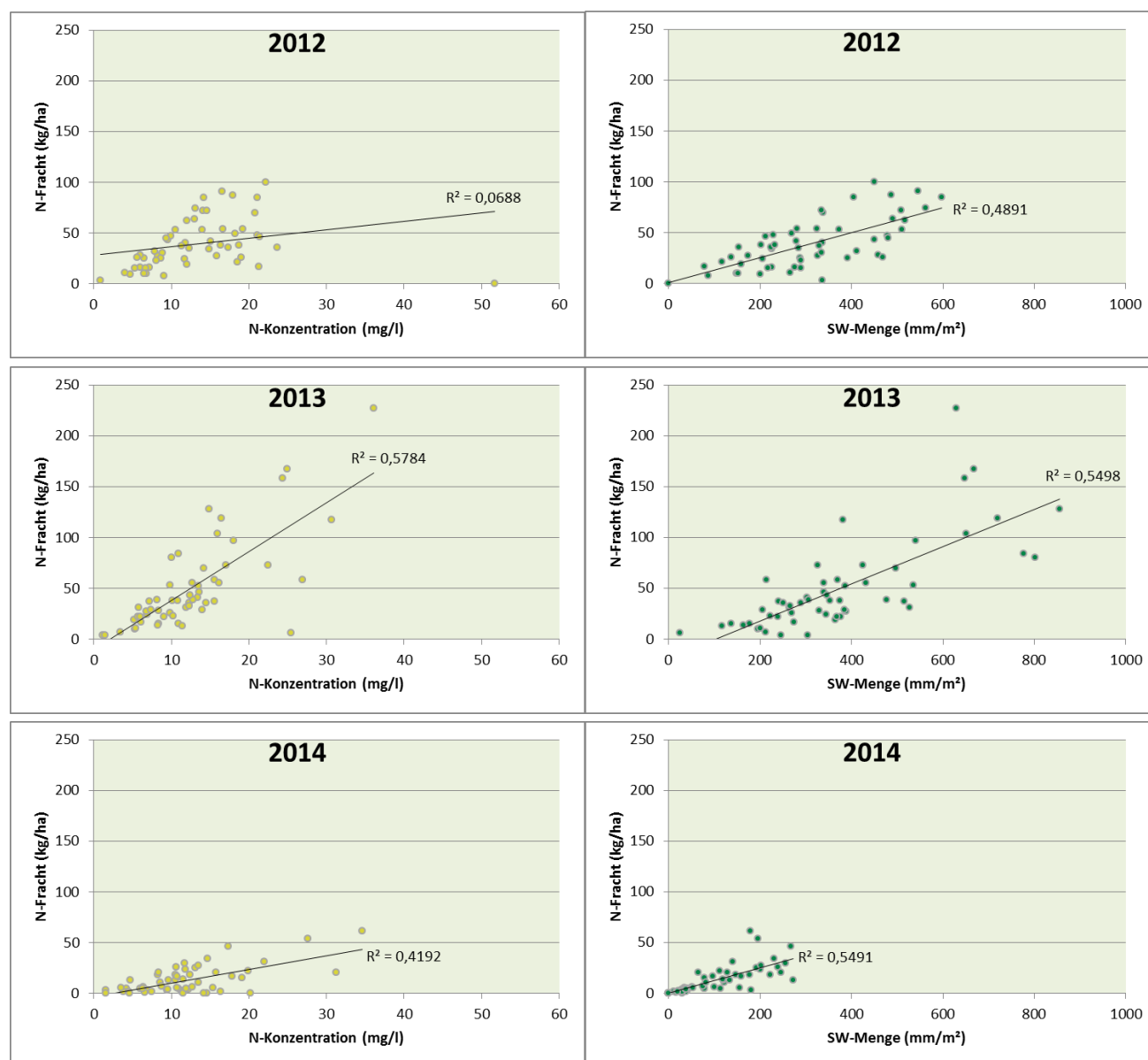


Abbildung 39: Korrelation zwischen N-Fracht und N-Konzentration (links) sowie zwischen N-Fracht und Sickerwassermenge (rechts)

4.2.2 Pflanzenentzug

Für die Ermittlung des N-Austrages über den Pflanzenentzug wurden im zweiten Zyklus, also kurz vor der Ernte, Pflanzenproben von den BDF entnommen und auf deren Nährelementgehalte untersucht. Die N-Gehalte der Ackerkulturen (in % bezogen auf die Trockensubstanz) wurden für die Frucht (F) sowie für die Restpflanze (R) bestimmt. Durch die N-Gehalte in der Frucht lässt sich der N-Entzug über die Erntemenge berechnen. Die N-Gehalte der Restpflanze dienen zur Ermittlung der N-Mengen, die mit dem Nebenprodukt von der Fläche abgefahren und damit ausgetragen werden oder im Falle der Einarbeitung der Erntereste auf der Fläche verbleiben. Angaben zu Erntemengen und -resten wurden den Bewirtschaftungsdatenblättern entnommen. Auf Weideflächen wurde der Grünlandertrag über den Weidefuttermittelverbrauch der Weidetiere berechnet.

4.2.2.1 N-Gehalte im Pflanzenmaterial

In Tabelle 10 sind die mittleren Stickstoffgehalte ausgewählter Ackerkulturen zur Zeit der Ernte dargestellt. Hierbei wird, mit Ausnahme von Klee und Grünland, zwischen Frucht und Restpflanze unterschieden. Die höheren N-Gehalte kommen dabei jeweils in der Frucht vor und entsprechen weitestgehend den Richtwerten aus der Düngerverordnung (vgl. SLFL 2007).

Mit über 2 % weisen insbesondere Winterraps, Klee und Grünland die höchsten N-Gehalte aller Fruchtarten auf. Mittlere Gehalte um die 1,6 % kommen vor allem im Wintergetreide vor. Mais besitzt im Durchschnitt einen N-Gehalt von nur 1,28 %.

Tabelle 10: Mittlere dreijährige N-Gehalte ausgewählter Ackerkulturen zur Zeit der Ernte

Pflanze (Anzahl)		Ø N-Gehalt (%) TS
Mais (n=14)	Frucht	1,28
	Restpflanze	1,22
Winterweizen (n=36)	Frucht	1,60
	Restpflanze	0,68
Winterraps (n=24)	Frucht	2,80
	Restpflanze	0,65
Winterroggen (n=11)	Frucht	1,67
	Restpflanze	0,89
Wintergerste (n=17)	Frucht	1,58
	Restpflanze	0,76
Klee (n=9)	Frucht	2,86
Grünland (n=26)	Frucht	2,28

4.2.2.2 Erntemengen

Tabelle 11 gibt einen Überblick über die Höhe der Erntemengen auf jeder BDF. Diese unterscheiden sich je nach angebauter Kulturart zum Teil sehr deutlich. Die höchsten Mengen wurden vor allem bei Grünland (Ø 27.400 kg/ha) bzw. Klee (Ø 31.800 kg/ha) sowie beim Anbau von Hackfrüchten (Ø 52.000 kg/ha) und Silomais (Ø 45.800 kg/ha) erreicht. Die Erträge von Getreide lagen in den Jahren 2012 bis 2014 zwischen 600 und 11.400 kg/ha, die von Raps zwischen 3.000 und 5.500 kg/ha.

Tabelle 11: Überblick über die Höhe der Erntemengen 2012, 2013 und 2014

BDF	2012		2013		2014	
	Anbauprodukt	Erntemenge [kg/ha]	Anbauprodukt	Erntemenge [kg/ha]	Anbauprodukt	Erntemenge [kg/ha]
1	KM	7.207	Tri	6.04	WRa	4.813
2	WGe	7.700	WRa	0	WW	9.300
3	WRo	3.800	WRa	3.620	Tri	4.649
4	Sp	1.300	Sp	6.950	Sp	7.150
5	ZR	65.000	WW	8.050	WRa	4.923
6	WW	9.100	WGe	7.800	WRa	5.200
7	WGe	9.661	WRa	3.292	WW	9.142
8	WRa	3.286	SM	45.000	Haf	4.700
9	WW	5.130	WGe	5.500	SM	41.500
10	Kar	48.300	WW	7.700	WGe	8.300
11	WRo	2.700	Klee	16.500	Luz	12.000
12	WRo	0	WRo	600	Bra	0
13	Bra	0	Bra	0	Bra	0
14	WRo	3.920	WRo	3.030	SB	2.100
15	WRo	4.030	SM	40.500	SM	39.000
16	WRa	3.000	WW	6.374	WGe	6.600
18	WW	7.000	ZR	58.000	WW	8.970
19	WW	7.220	KM	13.600	WW	8.500
20	SM	49.000	WW	5.730	WRa	4.400
21	WW	3.200	WW	5.400	Tri	4.900
22	WRa	4.720	WW	8.500	WGe	9.700
23	SGe	5.896	GR	29.500	WGe	8.579
24	ZR	74.300	WW	7.933	WRa	5.492
25	WW	7.900	WRa	4.200	WW	11.400
26	Erd	k. A.	Bra	0	WW	7.500
27	GR	0	GR	0	GR	0
28	WRa	3.420	WW	7.064	WGe	8.671
29	SM	51.500	WW	6.200	WRa	5.054
30	GR	0	GR	13.000	GR	30.700
31	SW	5.000	WGe	6.100	WRa	3.000
32	WRa	4.300	WW	6.000	WGe	8.340
33	GR	30.000	GR	12.000	GR	19.000
34	WR	4.400	WW	7.380	WGe	8.100
35	WW	6.650	Tri	7.500	WGe	8.000
36	KM	9.400	SGe	6.700	WRa	4.890

Fortsetzung Tabelle 11: Überblick über die Höhe der Erntemengen 2012, 2013 und 2014

BDF	2012		2013		2014	
	Anbauprodukt	Erntemenge [kg/ha]	Anbauprodukt	Erntemenge [kg/ha]	Anbauprodukt	Erntemenge [kg/ha]
37	GR	0	GR	0	GR	0
38	GR	42.000	GR	0	GR	0
39	WW	7.500	SM	41.000	WW	8.600
40	WRa	4.750	WW	8.500	Haf	5.000
41	WW	8.425	Kar	25.000	SM	55.000
42	GR	49.900	GR	42.600	GR	54.100
43	WRa	3.600	WW	6.500	SGe	4.500
44	WRa	4.660	WW	7.600	WGe	10.000
45	WW	7.700	WGe	6.400	WRa	4.700
46	Klee	43.000	Erb	3.500	WW	5.170
47	Klee	43.300	Klee	40.800	Klee	25.000
48	WRo	7.370	SM	35.700	SGe	5.200
49	GR	5.900	/	/	/	/
50	WRo	8.689	SM	30.000	SGe	6.329
51	Haf	5.600	WGe	5.100	WRa	4.000
52	Hanf	360	Hanf	240	Erb	2.000
53	Klee	35.000	Klee	34.000	Klee	k. A.
54	WRa	4.576	WW	7.330	WW	6.495
55	WRa	4.400	WW	4.200	SM	54.000
56	Tri	2.600	WRo	2.120	Haf	4.200
57	/	/	GR	26.000	GR	29.000

In Abbildung 40 sind die Mittelwerte der Erträge sowie die maximal erzielbaren Erträge (vgl. FÖRSTER 2013) der dominierenden Fruchtarten dargestellt. Beim Vergleich der einzelnen Bewirtschaftungsjahre sind jedoch einige Besonderheiten zu berücksichtigen. So gab es 2013 durch die lang anhaltende Kälte ein verspätetes Frühjahr und damit einhergehend unter anderem eine verspätete Kartoffelpflanzung bzw. Mais- und Sommergetreideaussaat. Hinzu kamen Ende Mai/Anfang Juni sehr starke Niederschläge mit Überschwemmungs- und Nässeschäden. Infolge des Hochwassers fand auf der BDF 2 (Elbaue) überhaupt keine Ernte statt. Es folgten im Juli und teilweise im August eine extreme Trockenheit und sehr hohe Temperaturen. Dies führte insbesondere bei Wintergerste und -roggen zu Ertragseinbußen (z. B. BDF 12 siehe Tabelle 11) und Qualitätsproblemen sowie zu geringeren Erträgen bei Silomais und Kartoffeln. Mittlere Erträge wurden dennoch bei Winterweizen und Winterraps erzielt. Im Jahr 2014 wurden Körnermais und Winterroggen nicht angebaut. Für viele Kulturen wurden in diesem Jahr aufgrund der guten Witterungsbedingungen Rekorderträge erzielt. Nach FRANKE et al. (2015) lagen z. B. die Erträge für Winterweizen um mehr als 20 %, der Trockenmasseertrag von Wiesen sogar um etwa ein Drittel über dem Durchschnitt der letzten 10 Jahre. Auch beim Winterraps konnten im Vergleich zu den Vorjahren höhere Erträge erzielt werden.

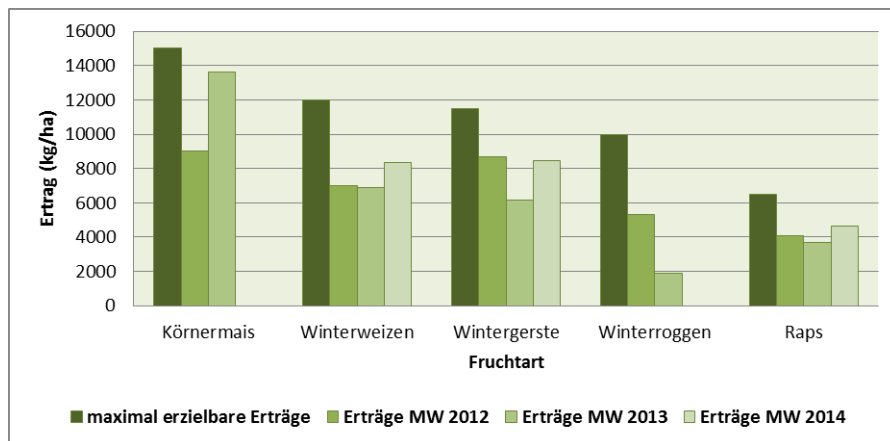


Abbildung 40: Durchschnittliche und maximal erzielbare Erträge der dominierenden Fruchtarten

Zusätzlich zur Ernte der Hauptfrucht fielen im Jahr 2012 sowie 2014 auf 65 % der Flächen und im Jahr 2013 auf 56 % der Flächen Nebenprodukte an. Auf insgesamt 12 BDF (2012), 15 BDF (2013) und 13 BDF (2014), auf denen vor allem Getreide angebaut wurde, wurden diese abgefahren und die entsprechenden N-Mengen der Restpflanzen zusätzlich mit in die N-Abfuhr eingerechnet. Auf 25 BDF (2012), 16 BDF (2013) und 23 BDF (2014) wurden die Nebenprodukte eingearbeitet und daher bei der Ermittlung der N-Abfuhr nicht berücksichtigt.

4.2.2.3 N-Abfuhr durch Pflanzenentzug

Die N-Outputmengen durch den Pflanzenentzug ergeben sich aus den jeweiligen Erntemengen der Hauptfrucht, den Erntemengen der Nebenprodukte, welche nicht eingearbeitet wurden, sowie aus den ermittelten N-Gehalten im Pflanzenmaterial. Sie betrugen im Jahr 2012 im Durchschnitt 127 kg N/ha.

Auf insgesamt sieben BDF, vorwiegend auf Lössstandorten sowie im Bereich der Berg- und Hügelländer, wurden N-Austräge erreicht, die über 200 kg/ha liegen (Abbildung 41). Insbesondere die vier Flächen, auf denen Klee angebaut wurde, bzw. die als Grünland genutzt wurden, wiesen aufgrund ihrer hohen Erntemengen sowie durch ihre hohen N-Gehalte im Pflanzenmaterial N-Verluste um die 300 kg/ha auf. Auf mehr als der Hälfte der Flächen lagen die N-Abfuhr zwischen 100 und 200 kg/ha. Ein Viertel der BDF zeigten N-Entzüge, die unter 100 kg/ha lagen. Auf den BDF 30 und 37 erfolgte die N-Abfuhr über den Weidefuttermittelverbrauch der Weidetiere. An vier Standorten (BDF 12, 13, 26 und 27) verblieb das Pflanzenmaterial auf der Fläche, weshalb hier keine N-Entzüge durch Abfuhr der Pflanzenprodukte stattfanden.

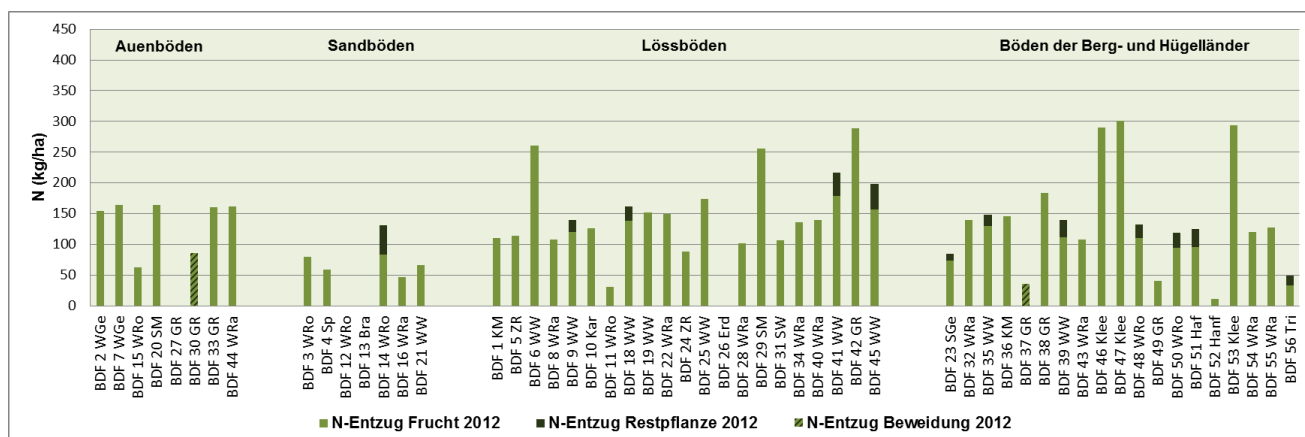


Abbildung 41: N-Abfuhr durch Pflanzenentzug im Jahr 2012

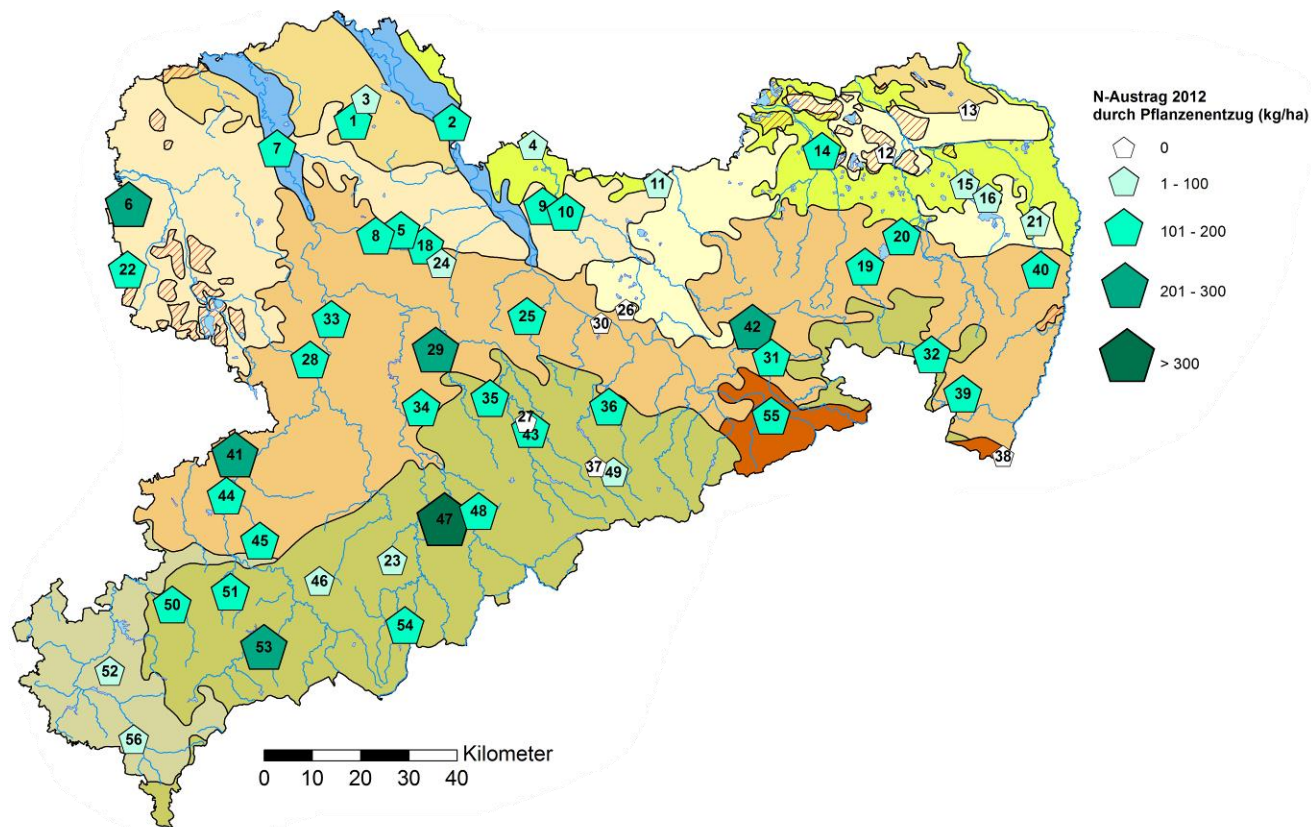


Abbildung 42: Räumliche Darstellung der N-Abfuhr durch Pflanzenentzug im Jahr 2012

Mit durchschnittlich 123 kg N/ha waren die N-Abfuhr durch den Pflanzenentzug im Jahr 2013 nur unwesentlich geringer als im Jahr 2012 (Abbildung 43). Mit ca. 300 kg/ha wiesen wiederum die BDF 42, 47 und 53 die höchsten N-Entzüge auf. Mit einem Anteil von knapp 50 % zeigten die meisten BDF-Standorte N-Entzüge zwischen 100 und 200 kg/ha. Mit abermals einem Viertel der Flächen, welche N-Entzüge unter 100 kg/ha aufwiesen und fünf Flächen, auf denen keine N-Abfuhr erfolgte, zeigte sich ein fast identisches Bild zum Jahr 2012. N-Entzüge durch den Futterverbrauch von Weidetieren fanden auf den BDF 30, 37 und 38 in nur geringem Umfang statt.

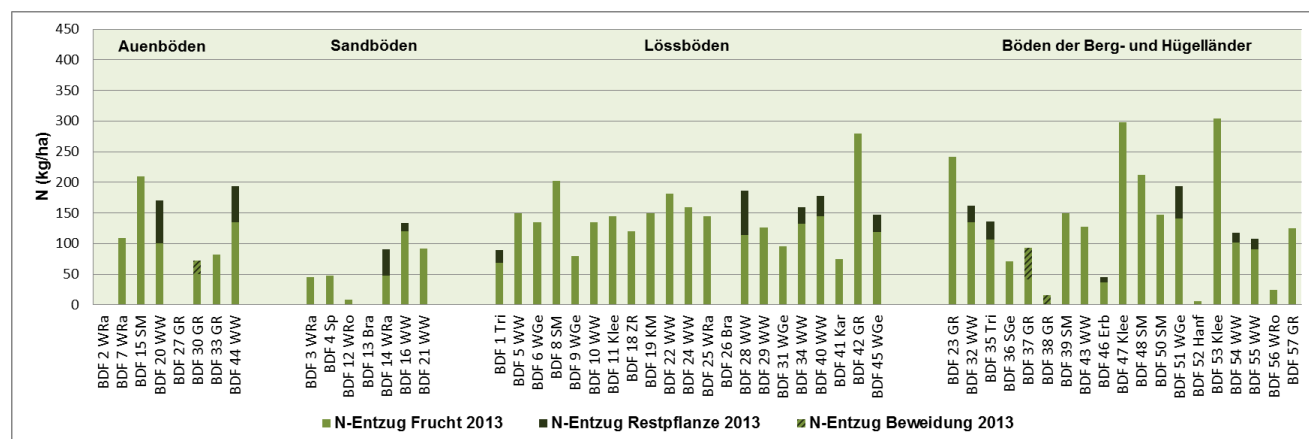


Abbildung 43: N-Abfuhr durch Pflanzenentzug im Jahr 2013

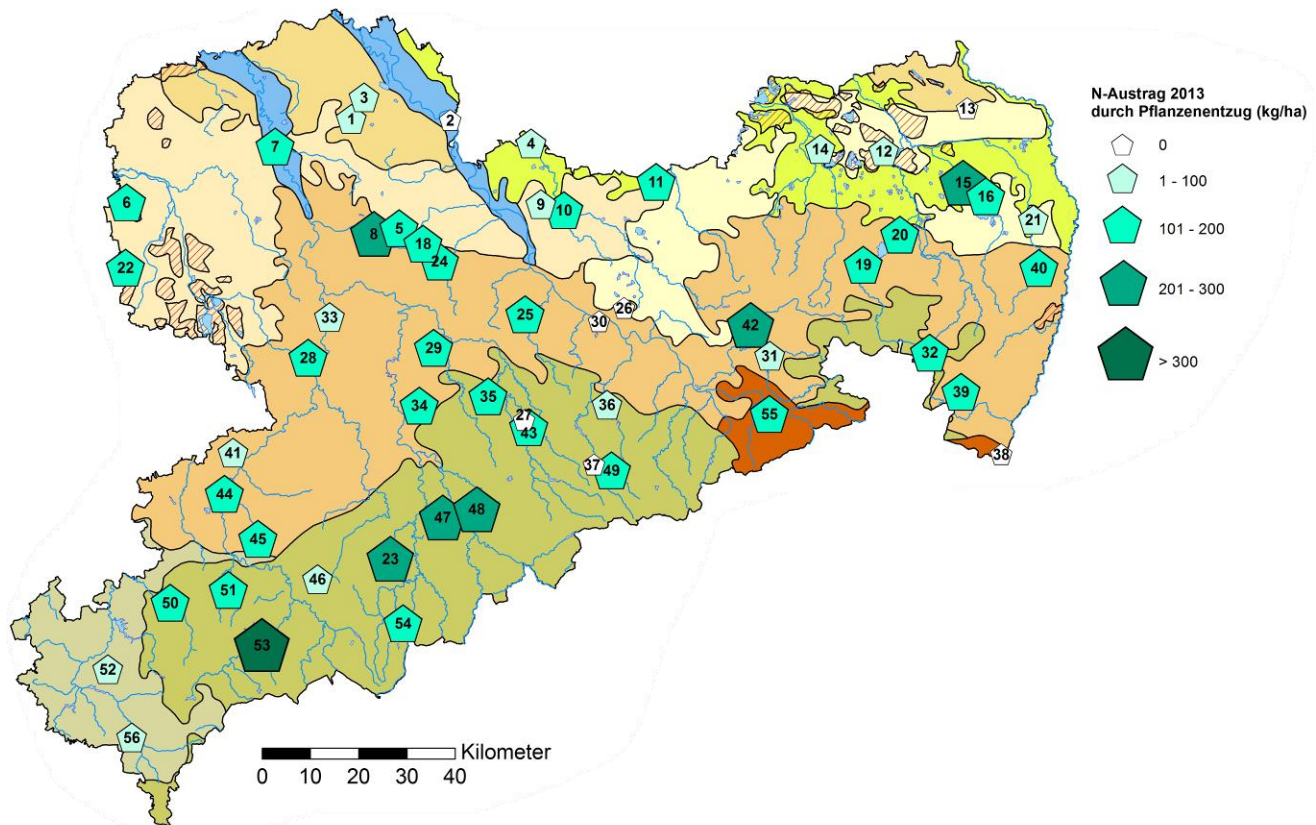


Abbildung 44: Räumliche Darstellung der N-Abfuhr durch Pflanzenentzug im Jahr 2013

Im Bewirtschaftungsjahr 2014 betrugen die durchschnittlichen N-Abfuhr durch den Pflanzenentzug 119 kg/ha (Abbildung 45). Der mit Abstand höchste N-Entzug wurde mit über 400 kg/ha auf der BDF 42 erreicht. Auf insgesamt fünf BDF lagen die N-Entzüge zwischen 200 und 300 kg/ha. Wie schon in den Jahren zuvor, wiesen die meisten Standorte (50 %), vor allem Flächen der Auen- und Lössgebiete, N-Abfuhr zwischen 100 und 200 kg/ha auf. N-Entzüge unter 100 kg/ha wurden auf etwa 30 % der BDF festgestellt.

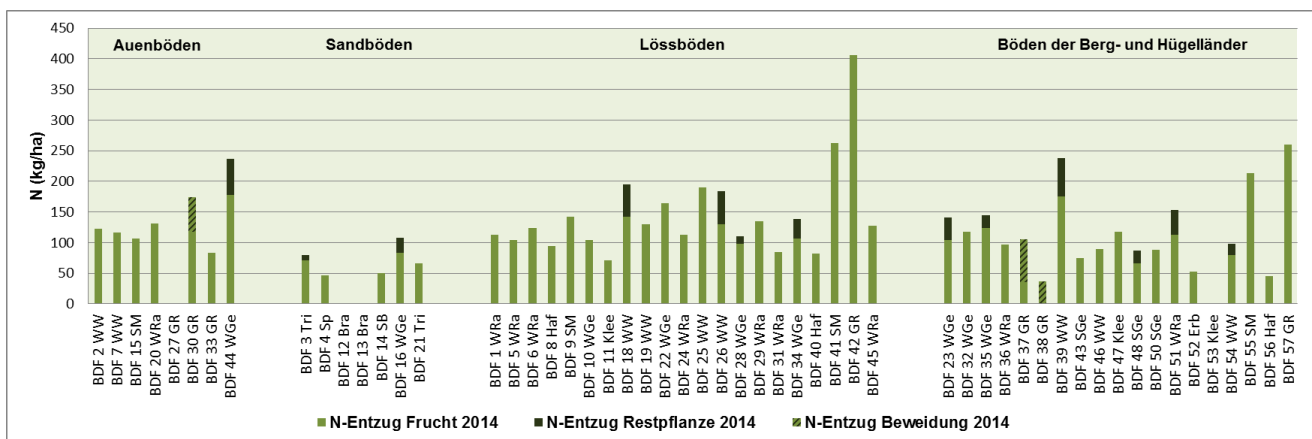


Abbildung 45: N-Abfuhr durch Pflanzenentzug im Jahr 2014

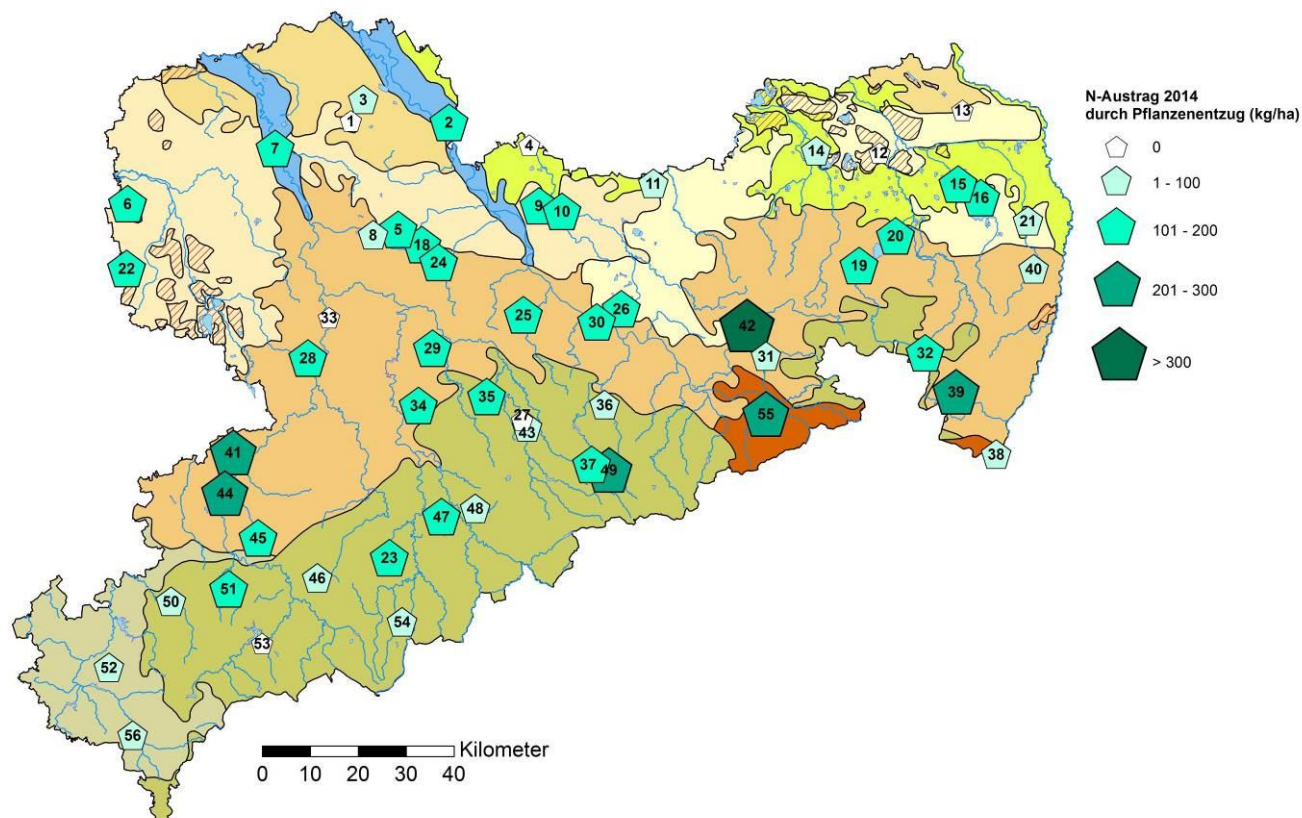


Abbildung 46: Räumliche Darstellung der N-Abfuhr durch Pflanzenentzug im Jahr 2014

4.3 Stickstoffbilanz

Die berechneten N-Salden ergeben sich aus den N-Einträgen durch die mineralische und organische Düngung, der N-Deposition und ggf. aus der symbiotischen N-Bindung sowie aus den N-Austrägen mit dem Sickerwasser und durch N-Abfuhr aus dem Pflanzenentzug. Mit einem N-Eintrag von 9 kg/ha im Jahr 2012, 8 kg/ha im Jahr 2013 bzw. 7 kg/ha im Jahr 2014 spielt die N-Zufuhr durch die atmosphärische Deposition quantitativ gesehen jedoch nur eine untergeordnete Rolle. Zu nennenswerten Einträgen infolge symbiotischer N-Bindung kam es lediglich auf einzelnen Standorten, auf denen Leguminosen angebaut wurden. Die Höhe der ermittelten N-Salden wird daher hauptsächlich durch die Zufuhr über Düngemittel und die Abfuhr über pflanzliche Ernteprodukte sowie über den Pfad des Sickerwasseraustrages bestimmt. Dabei konnten deutliche Unterschiede der Stickstoffsalden auf den BDF ausgemacht werden.

Für das Jahr 2012 wurde ein durchschnittlicher N-Saldo von -10 ± 66 kg/ha für die BDF ermittelt, wobei die Schwankungsbreite zwischen -186 und 139 kg N/ha liegt (Abbildung 47).

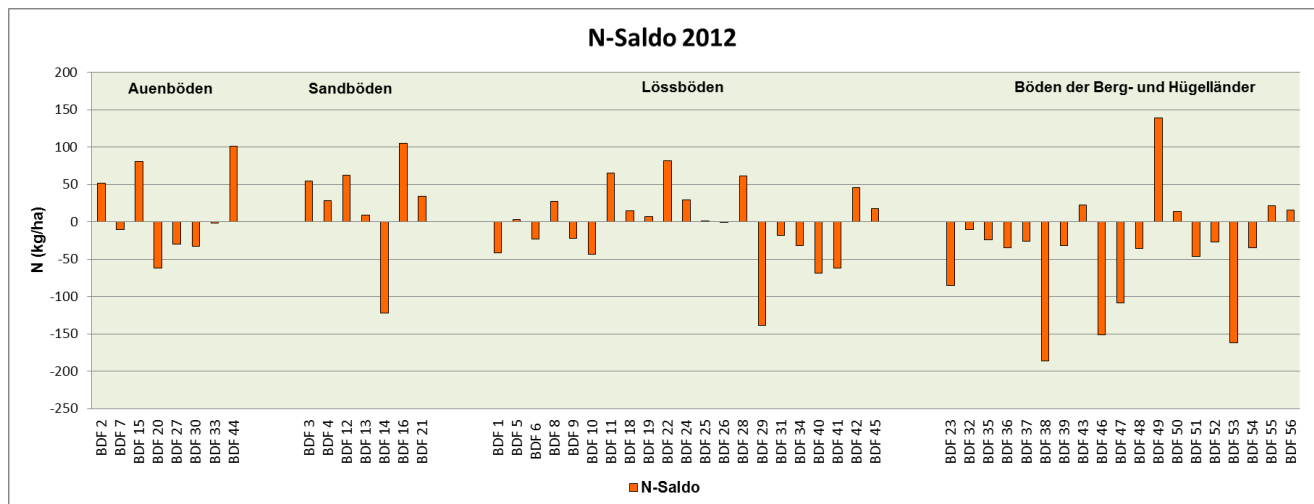


Abbildung 47: N-Salden im Jahr 2012

Insgesamt 30 BDF zeigten negative und 25 BDF positive N-Salden. Mit 64 % der Flächen wiesen die meisten BDF N-Salden zwischen -50 und 50 kg/ha auf (Abbildung 48). Zu diesen Flächen gehören insgesamt vier Standorte, auf denen keine N-Einträge durch Düngemaßnahmen und keine N-Austräge durch Ernteprodukte stattfanden. Die N-Salden ergeben sich daher hier lediglich aus der N-Zufuhr über die Deposition und den N-Austrag mit dem Sickerwasser. Auf den Weideflächen wird der überwiegende Teil der von den Weidetieren aufgenommenen Nährstoffe in Form der Exkremente direkt wieder auf die Fläche zurückgeführt, weshalb auch diese BDF ausgeglichene N-Salden aufweisen. Auf den restlichen Standorten entsprachen die realisierten Erträge weitestgehend dem Zielertrag nachdem die Düngung kalkuliert wurde.

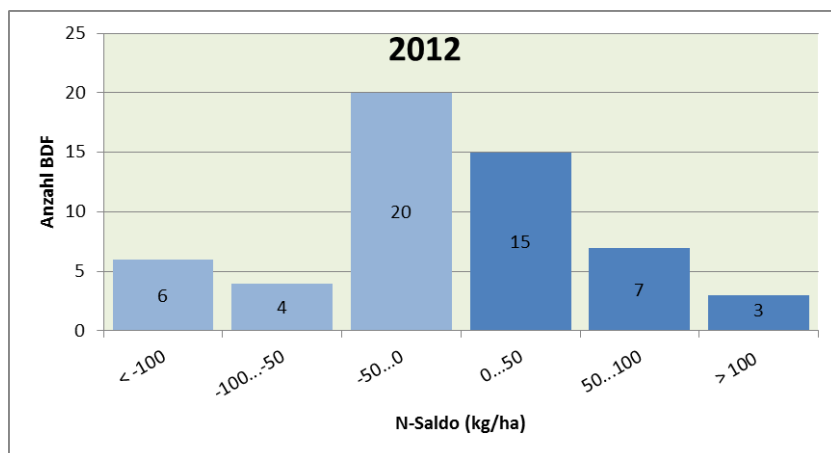


Abbildung 48: Histogramm der N-Salden im Jahr 2012

Deutlich überhöhte N-Salden wurden vor allem auf Standorten erreicht, auf denen eine hohe N-Zufuhr durch Düngemittel erfolgte, gleichzeitig aber der N-Austrag über die Ernteprodukte und das Sickerwasser gering ausfiel. Hierzu zählen primär die BDF 16, 44 und 49, welche N-Salden größer als 100 kg/ha aufweisen.

Umgekehrt beruhen die hohen N-Negativsalden darauf, dass keine bzw. nur geringe Mengen an stickstoffhaltigen Düngemitteln ausgebracht wurden, jedoch hohe N-Abfuhr durch den Pflanzenentzug und/oder das Sickerwasser stattfanden. Dies trifft insbesondere auf die BDF 38, 46 und 53 zu, die zum einen aufgrund der Grünlandbewirtschaftung bzw. des Anbaus von Klee hohe N-Abfuhr durch die Ernteprodukte, zum anderen aber auch hohe N-Frachten mit dem Sickerwasser aufweisen. Auch wenn diese Standorte die höchsten Zufuhren durch legume N-Bindung zeigen, reicht dies nicht aus, um ausgeglichene N-Salden zu erreichen.

Mit knapp 50 % sind es vor allem die Standorte der Berg- und Hügelländer, die negative N-Salden zeigen (-39 kg/ha). Die N-Salden der Lössstandorte ergeben im Mittel eine relativ ausgeglichene N-Bilanz (-5 kg/ha). N-Überschüsse zeigen die gemittelten N-Salden auf den BDF der Auen- und Sandböden (12 bzw. 25 kg/ha).

Im Jahr 2013 ergab sich mit -12 ± 80 kg/ha fast der gleiche durchschnittliche N-Saldo wie im Jahr 2012, wobei die einzelnen N-Salden der BDF in einem Bereich zwischen -244 und 117 kg/ha lagen und daher noch stärker streuen als im Jahr 2012 (Abbildung 49).

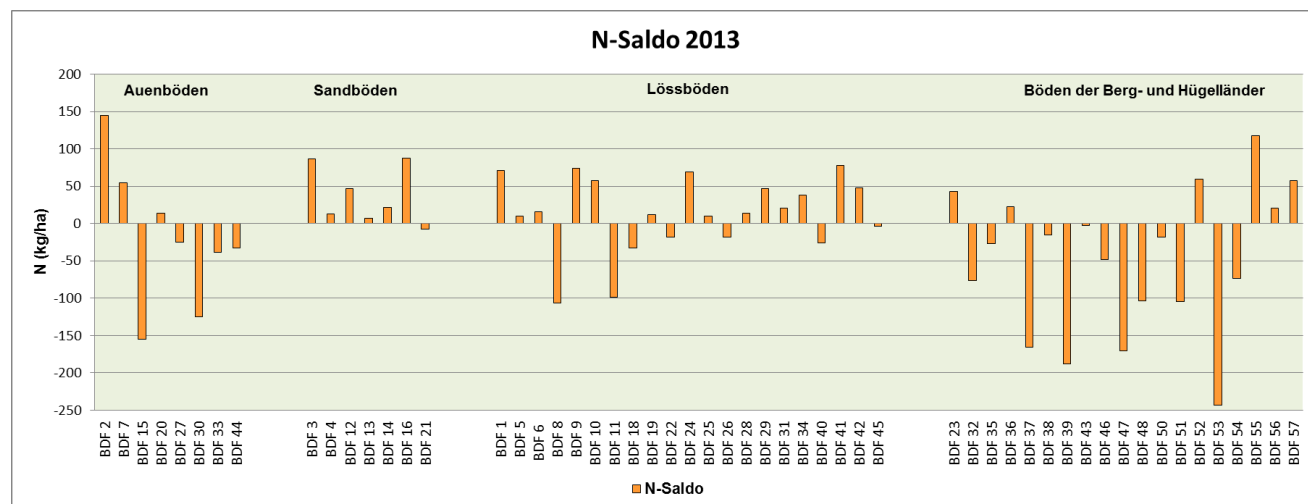


Abbildung 49: N-Salden im Jahr 2013

Insgesamt wiesen 26 BDF negative und 29 BDF positive N-Salden auf. Werden die Histogramme der N-Salden der Jahre 2012 (Abbildung 48) und 2013 (Abbildung 50) miteinander verglichen, wird jedoch deutlich, dass im Jahr 2013 insbesondere die hohen negativen sowie positiven N-Salden zugenommen haben und damit einhergehend nur noch etwa 56 % der Flächen N-Salden im Bereich von -50 bis 50 kg/ha zeigten. Da es im Jahr 2013 keine deutlich höheren N-Abfuhr über die Erntemengen als im Jahr 2012 gab, liegt die Zunahme der stark negativen N-Salden vorrangig in den höheren N-Verlusten mit dem Sickerwasser begründet. Vor allem die sehr hohen Niederschläge im Jahr 2013 im Bereich des Erzgebirges und die damit verbundenen hohen Sickerwassermengen auf den hier befindlichen Standorten trugen hierzu bei. Der Hauptgrund für die Zunahme von N-Salden über 50 kg/ha ist in den etwas höheren Einsatzmengen mineralischer Düngemittel zu sehen.

Bei Betrachtung der N-Salden in Bezug auf die Bodengroßlandschaften zeigen abermals die Böden der Berg- und Hügelländer mit -48 kg N/ha im Mittel die höchsten negativen N-Salden. Aber auch die Auenstandorte weisen im Jahr 2013 im Durchschnitt N-Salden in Höhe von -20 kg/ha auf. Bis auf eine BDF zeigen alle Flächen der Sandstandorte N-Überschüsse, so dass im Mittel hier ein N-Saldo von 37 kg/ha zu verzeichnen ist. Der durchschnittliche N-Saldo der Lössstandorte liegt im Jahr 2013 bei 13 kg/ha.

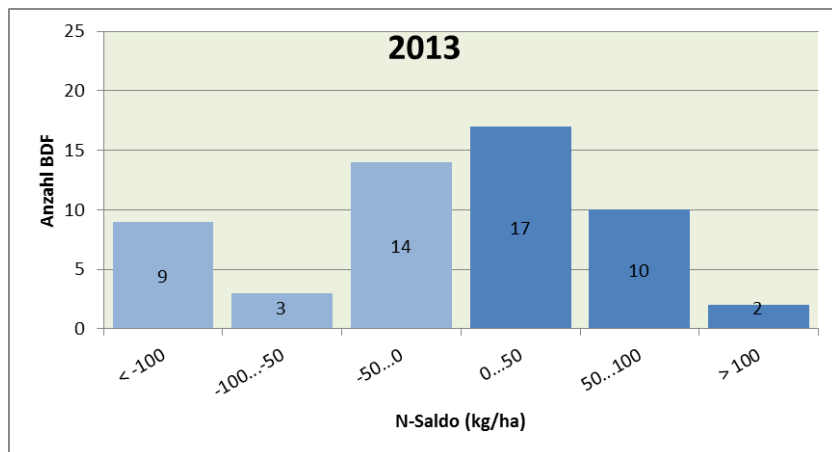


Abbildung 50: Histogramm der N-Salden im Jahr 2013

Im Gegensatz zu den Jahren 2012 und 2013, in denen der durchschnittliche N-Gesamtsaldo jeweils im leicht negativen Bereich lag, wurde für das Jahr 2014 im Mittel ein N-Saldo von 15 ± 75 kg/ha erreicht (Abbildung 51).

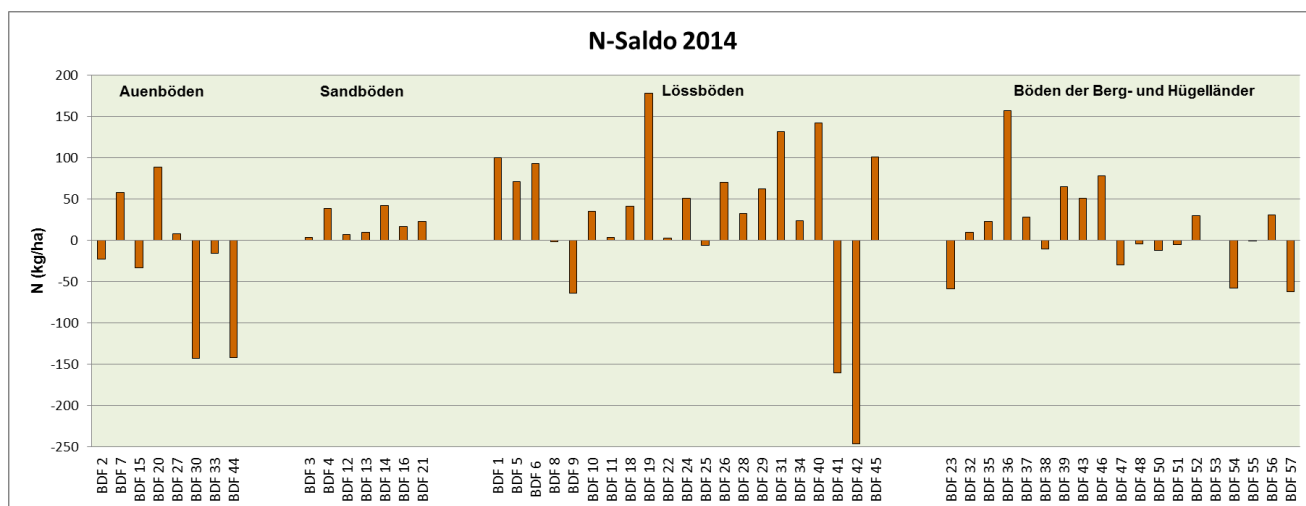


Abbildung 51: N-Salden im Jahr 2014

Mit einem negativen N-Saldo von -246 kg/ha (BDF 42) und einem positiven N-Saldo von 178 kg/ha auf der BDF 19 ist die Streubreite der N-Salden nochmals höher als in den beiden Jahren zuvor. Auf 35 BDF lag der N-Saldo im positiven Bereich und die restlichen 20 Flächen zeigten negative N-Salden (Abbildung 52)⁴. Die meisten BDF wiesen N-Salden im Bereich von 0 bis 50 kg/ha auf. Im Vergleich zum Jahr 2013 ist ein Rückgang der hohen negativen N-Salden, jedoch auch ein gleichzeitiger Anstieg der hohen Überschusssalden zu erkennen. Der Rückgang des Anteils der Flächen mit negativen N-Salden ist vordergründig darauf zurückzuführen, dass in diesem Jahr die N-Austräge mit dem Sickerwasser vergleichsweise gering ausfielen. Damit einhergehend sowie aufgrund der abermals zum Teil sehr hohen N-Düngereinträge auf einigen Standorten wiesen insgesamt sechs BDF N-Salden von mehr als 100 kg/ha auf.

⁴ Für die BDF 53 konnte im Jahr 2014 aufgrund der fehlenden Bewirtschaftungsdaten kein N-Saldo erstellt werden. Bei Betrachtung der dreijährigen N-Salden (Abbildung 53), wurde diese Fläche daher nicht berücksichtigt.

Insbesondere die Lössstandorte zeigten im Jahr 2014 mit durchschnittlich 32 kg/ha die höchsten N-Salden. Standorte auf Sandböden erreichten im Mittel N-Salden in Höhe von 20 kg/ha, Flächen auf Böden der Berg- und Hügelländer kamen durchschnittlich auf 11 kg/ha. Einzig die N-Salden der BDF im Bereich der Auen lagen mit durchschnittlich -25 kg/ha im negativen Bereich.

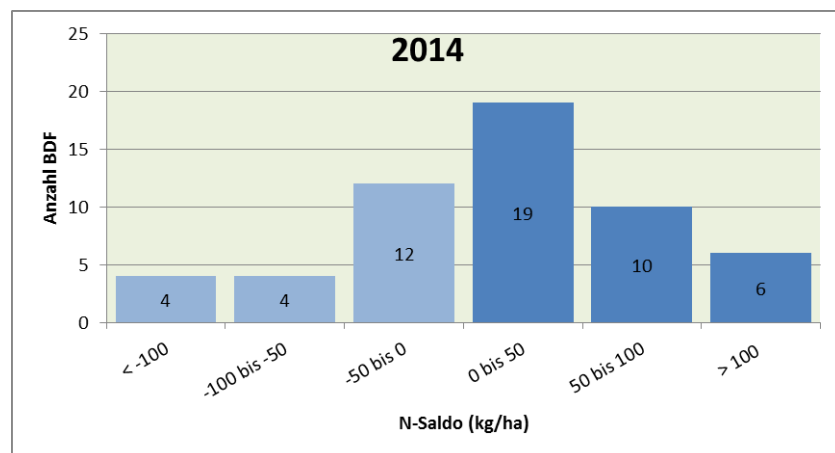


Abbildung 52: Histogramm der N-Salden im Jahr 2014

Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen N-Eintrag und N-Austrag, und damit ein ausgeglichener N-Saldo, sind unerlässlich für ein hohes Ertragsniveau, die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, die Minimierung der Umweltverschmutzung und eine nachhaltige Ressourcennutzung. An einigen Standorten wurden jedoch stark differenzierte N-Salden in den einzelnen Bewirtschaftungsjahren festgestellt. BDF mit ständigen N-Überschüssen bergen die Gefahr umweltrelevanter N-Emissionen, die in verschiedenen Bereichen (Gewässer, Atmosphäre, naturnahe Biotope) wirksam werden. Auf Standorten hingegen, die permanent negative N-Salden aufweisen, besteht das Risiko, dass N-Austräge aus dem Boden in die Umwelt bereits stattgefunden haben bzw. derzeit stattfinden. Zudem führen durchgängig negative N-Salden längerfristig zu einer Aushagerung der Böden.

Da die N-Bilanzsalden je nach Standort, Fruchtart und Jahr starke Schwankungen aufweisen, ist die Aussagekraft einjähriger N-Salden als gering einzuschätzen. Die Böden befinden sich zum Teil noch in einer bewirtschaftungsbedingten An- oder Abreicherungsphase für Stickstoff, weshalb auch mit stark vom Optimum abweichenden N-Salden gerechnet werden muss. Nach GUTSER (1998) eignen sich daher für die Beurteilung der Düngeeffizienz sowie des Verlustpotentials mehrjährige N-Salden besser.

Aus diesem Grund wurden die N-Salden jeder BDF über den Zeitraum der drei Jahre (2012 bis 2014) gemittelt. Das Ergebnis ist in Abbildung 53 dargestellt. Im Durchschnitt ergibt sich so ein ausgeglichener, leicht positiver N-Saldo von 1 ± 41 kg/ha. Dabei liegt die Schwankungsbreite der N-Salden zwischen -103 kg/ha (BDF 47) und 70 kg/ha (BDF 16). Auf 80 % der Flächen liegen die dreijährigen N-Salden jedoch im Bereich zwischen -50 und 50 kg/ha (Abbildung 54). Es zeigt sich somit ein homogeneres Bild im Vergleich zu den Einzeljahren. Deutlich erkennbar sind nun auch die Unterschiede der N-Salden in Abhängigkeit der jeweiligen Standorte.

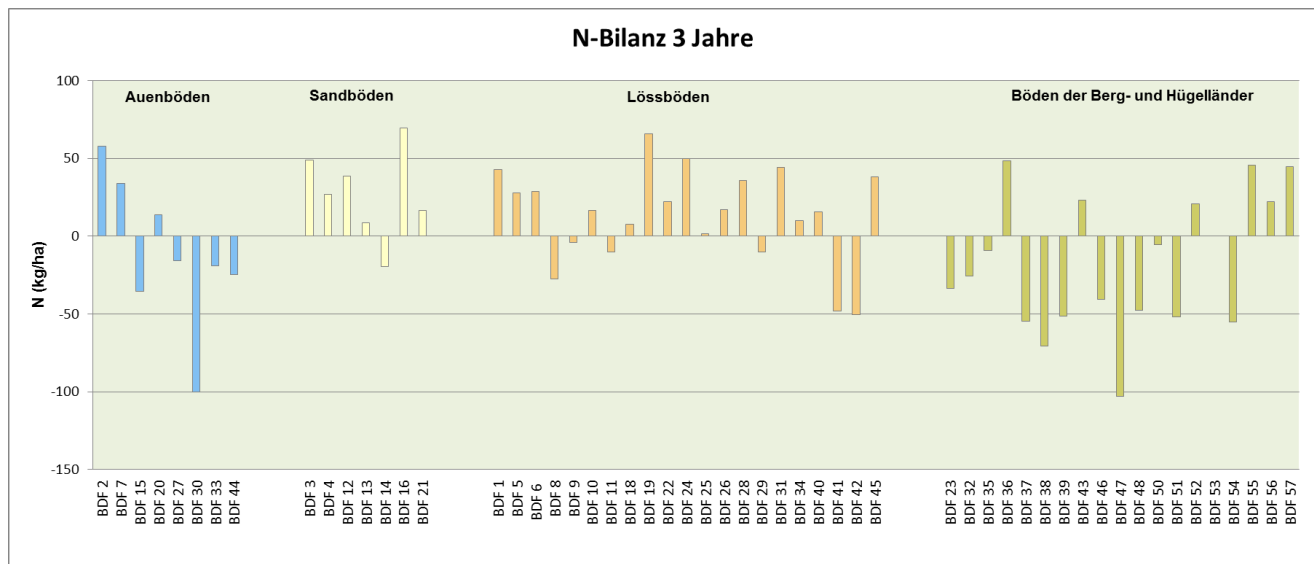


Abbildung 53: Dreijährige N-Salden (2012 bis 2014)

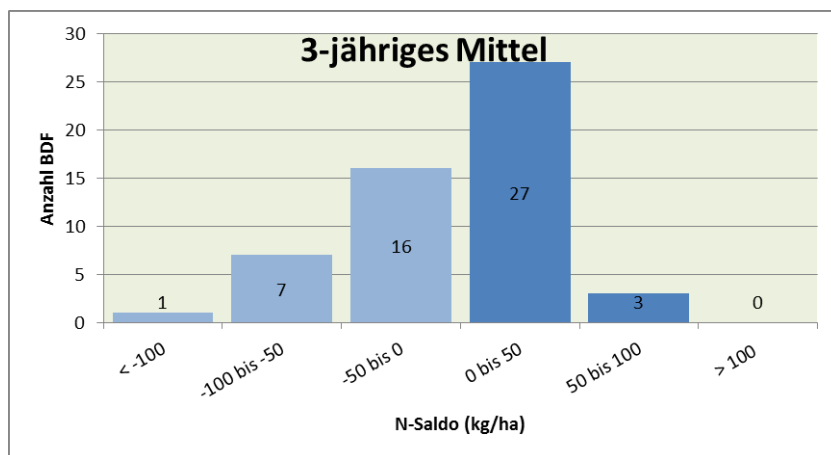


Abbildung 54: Histogramm der N-Salden im dreijährigen Mittel (2012 bis 2014)

So weisen die meisten BDF auf Böden der Berg- und Hügelländer negative N-Salden auf. Im dreijährigen Mittel ergibt sich hier ein N-Saldo von -19 kg/ha. Die markanten N-Defizite sind das Ergebnis verschiedener Faktoren. Zum einen befindet sich die Hälfte aller BDF, welche durchgängig als Grünlandstandorte genutzt werden, im Bereich dieser Bodengroßlandschaft. Diese Standorte sind dadurch gekennzeichnet, dass sie sowohl hohe N-Gehalte im Pflanzenmaterial als auch hohe Erntemengen aufweisen und damit hohe N-Entzüge durch die Abfuhr der Ernteprodukte erfahren. Zum anderen spiegeln sich in den N-Salden auch die hohen N-Verluste mit dem Sickerwasser, insbesondere die des Jahres 2013, wider.

Ebenfalls mehr negative als positive N-Salden weisen die BDF auf Auenböden auf. Im dreijährigen Mittel liegt der N-Saldo hier bei -11 kg/ha. Allen voran die als Grünlandstandort genutzte BDF 30, welche insbesondere im Jahr 2013 hohe N-Austräge mit dem Sickerwasser und 2014 hohe N-Verluste über den Pflanzenentzug zu verzeichnen hat. Demgegenüber steht eine nur geringe N-Zufuhr durch die symbiotische N-Bindung sowie infolge der Beweidung der Fläche.

Bis auf wenige Ausnahmen sind die Sand- und Lössstandorte hingegen vor allem durch positive N-Salden gekennzeichnet. BDF auf Sand zeigen daher im dreijährigen Mittel einen N-Saldo in Höhe von 27 kg/ha, auf BDF der Lössregionen liegt dieser bei 13 kg/ha.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich bei der durchgeführten N-Bilanzierungsmethode um eine standortbezogene N-Bilanzierung handelt, welche unter anderem dadurch gekennzeichnet ist, dass die möglichen N-Verluste über die N-Frachten mit dem Sickerwasser berücksichtigt werden. Sie ist daher nicht mit anderen Bilanzierungsverfahren (Hoftorbilanz, Flächenbilanz, Stallbilanz, usw.) vergleichbar. Um dennoch die Ergebnisse vergleichen zu können und einen Überblick darüber zu bekommen, inwieweit sich die N-Salden verändern, wenn die N-Einträge durch die N-Deposition sowie die N-Austräge mit dem Sickerwasser nicht in die Bilanzierung einbezogen werden, sind in Abbildung 55 die N-Salden nach Vorgaben der Düngeverordnung dargestellt. Der durchschnittliche dreijährige N-Saldo beträgt demnach 26 ± 36 kg/ha und liegt deutlich höher. Anstatt 44 % weisen so lediglich nur 24 % der BDF N-Salden im negativen Bereich auf. Diese Negativsalden resultieren dann vor allem daraus, dass die N-Entzüge durch die Abfuhr der Ernteprodukte über den N-Einträgen aus der Düngung und der legumen N-Bindung liegen. Dies trifft daher hauptsächlich auf die als Grünland genutzten Standorte zu. Die stärksten Änderungen der Salden sind insbesondere auf den BDF der Berg- und Hügelländer zu erkennen, da hier die höchsten N-Austräge mit dem Sickerwasser zu verzeichnen waren. Im betrachteten Zeitraum wurde der ab dem Jahr 2011 geltende Grenzwert der Düngeverordnung von 60 kg/ha auf insgesamt acht BDF überschritten.

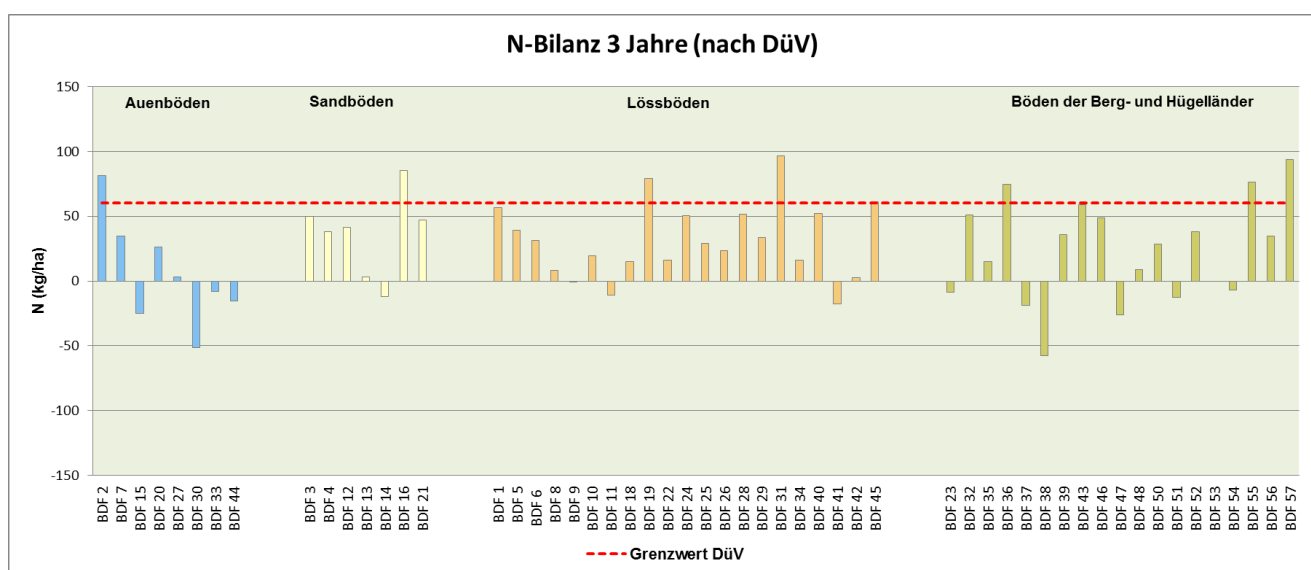


Abbildung 55: Dreijährige N-Salden (2012 bis 2014) nach DüV 2007

Die Ergebnisse der N-Bilanz nach Düngeverordnung zeigen auch, dass trotz negativer bis leicht positiver N-Salden zum Teil hohe N-Austräge entstehen können und nicht zwangsläufig zu geringen N-Auswaschungen führen müssen. Als mögliche Ursache hierfür werden häufig unzureichend kalkulierbare N-Mobilisierungsprozesse angesehen (vgl. TLL 2013). Der N-Saldo, ohne Berücksichtigung der N-Frachten mit dem Sickerwasser, kann daher nur schwer als geeignetes Maß für die Beurteilung der N-Auswaschungsgefahr angesehen werden.

5 C-Kreislauf und C-Bilanz

Böden enthalten den größten aktiven terrestrischen Kohlenstoff-Pool der Erde und spielen eine wichtige Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf. Nach SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (2010) sind etwa 20 % der terrestrischen Kohlenstoffvorräte in der Vegetation, die restlichen 80 % in Form von Humus in Böden gebunden. Dabei werden die Humusvorräte des Bodens in Pools verschiedener Stabilität und Lebensdauer eingeteilt. Abbauprodukte der organischen Substanz, welche bestimmte Stabilisierungsmechanismen eingehen, werden als Dauerhumus bezeichnet. Diese stabile Humusfraktion ist langfristig im Rahmen der Bodenbildung entstanden und kann heute durch Bewirtschaftungsmaßnahmen nur noch wenig beeinflusst werden (vgl. KOLBE UND ZIMMER 2015). Alle über Ernte- und Wurzelrückstände und Wirtschaftsdünger zugeführten organischen Materialien gehören der labilen Humusfraktion an und unterliegen einem vollständigen Abbau. Die abgebaute organische Substanz wird letztlich als Wasser und Kohlendioxid in den Boden und die Atmosphäre abgegeben. Nach KOLBE UND ZIMMER (2015) sind die Fraktionen mit umsetzbarer, labiler bzw. weitgehend stabiler organischer Substanz nicht scharf voneinander trennbar, die Übergänge fließend und die Vorgänge teilweise auch reversibel. In stabilen Systemen stellt sich langfristig ein Fließgleichgewicht zwischen Anlieferung und Abbau der organischen Substanz ein, so dass sich für die jeweiligen Standortbedingungen ein charakteristischer Humusgehalt herausbildet (Abbildung 56).

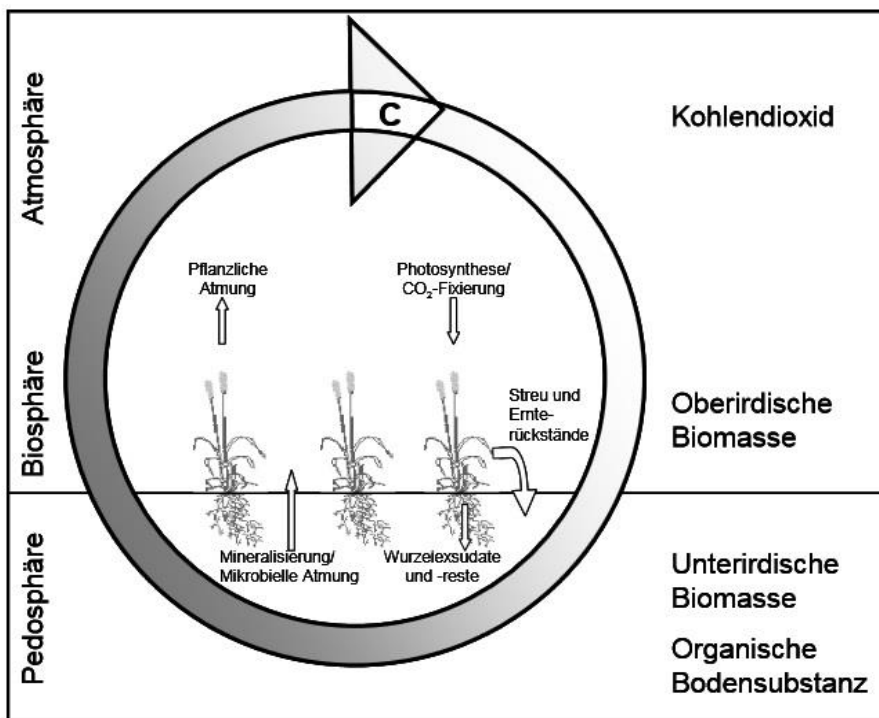


Abbildung 56: Schema des Kohlenstoffkreislaufs im Ackerbausystem
(Quelle: Kuka 2005)

Der Humusgehalt sowie die Humusqualität in landwirtschaftlich genutzten Böden sind neben den Standortfaktoren und den Bodeneigenschaften insbesondere von der Art und Intensität der Bodennutzung abhängig. Praktiken, die den Eintrag organischer Substanz in den Boden reduzieren oder den Abbau organischen Materials beschleunigen (Abfuhr Nebenprodukte, keine Düngung, Intensivbewirtschaftung usw.), führen zu einer Senkung des C-Gehaltes im Boden. Umgekehrt führt eine erhöhte Zufuhr an organischer Substanz (Verbleib der Nebenprodukte, organische und mineralische Düngung, Anbau von Zwischenfrüchten usw.) oder ein verlangsamter Abbau zu einer Anreicherung von Humus im Boden.

Wie hinlänglich bekannt, liegt die Bedeutung des Humus bzw. der organischen Substanz in der komplexen Beeinflussung nahezu aller Bodeneigenschaften und -funktionen. Zahlreiche Stoffumsatzprozesse in Böden werden durch die Anlieferung organischer Substanz nachhaltig aktiviert. Die Humusversorgung landwirtschaftlich genutzter Böden beeinflusst zum einen die Bodenfruchtbarkeit und dient daher der Ertragssicherung an einem Standort, zum anderen hat sie auch Wirkung auf eine Vielzahl ökologischer Funktionen (Speicher-, Filter-, Pufferfunktion, CO₂-Senke, Förderung biologischer Aktivität, Bildung eines günstigen Bodengefüges usw.).

Aus diesen Gründen ist nach der „guten landwirtschaftlichen Praxis“ sowie durch gesetzliche Vorgaben (Düngegesetz) jeder Betrieb verpflichtet, „die Fruchtbarkeit des Bodens, insbesondere den standort- und nutzungstypischen Humusgehalt, zu erhalten oder nachhaltig zu verbessern“ (DÜG 2009).

Mit dem Verfahren der Humusbilanzierung wurde daher ein Instrument entwickelt, um den Humushaushalt ackerbaulich genutzter Böden indirekt einzuschätzen und Veränderungen des Humusgehaltes über einen bestimmten Zeitraum festzustellen (vgl. HÜLSBERGEN 2003, HEINITZ ET AL. 2010).

In der vorliegenden Untersuchung wurde neben der Humusbilanzierung zusätzlich der C-Austrag mit dem Sickerwasser berechnet. Dieser erfolgte in Form des wasserlöslichen Kohlenstoffanteils des Bodens. Ähnlich wie die Versickerung von DOC, welche nach SCHERZER ET AL. (2006) und SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (2010) für die C-Bilanz eine eher untergeordnete Rolle spielt, so ist vermutlich auch die Verlagerung des wasserlöslichen Kohlenstoffs für die C-Bilanz quantitativ betrachtet nicht entscheidend.

6 Methodik

Die Kohlenstoffbilanzierung der vorliegenden Untersuchung besteht zum einen aus dem C-Austrag über die Fracht des wasserlöslichen Kohlenstoffs mit dem Sickerwasser. Hierfür wurden die C-Konzentrationen der Sickerwässer ermittelt und mit den in Kapitel 4.2.1.2 dargestellten Sickerwassermengen verrechnet. Die sich daraus ergebenden C-Frachten zeigen, in welchem Umfang der wasserlösliche organische Kohlenstoff auf den BDF aus 60 cm Tiefe ausgetragen wird.

Die Kohlenstoffkonzentrationen im Sickerwasser wurden dabei, wie die Stickstoffkonzentrationen, mit dem S4-Auszug bestimmt. Die Analyse der C-Konzentrationen erfolgte für die Ober- und Unterböden zu den jeweiligen Probenahmezyklen. Jahreszeitliche Schwankungen waren kaum ersichtlich, daher wurden die Mittelwerte der C-Konzentrationen der einzelnen Zyklen gebildet. Für die Berechnung der C-Frachten wurden die Mittelwerte der C-Konzentrationen der Unterböden verwendet.

Zum anderen erfolgte für jede BDF und für jeweils vier Erntejahre (2011 bis 2014) eine Humusbilanzierung. Durchgeführt wurden die Berechnungen mit dem Programm REPRO. Als Grundlage hierfür dienten vorrangig die Bewirtschaftungsdatenblätter der BDF. Nach einer umfassenden Plausibilitätsprüfung aller Datenblätter wurden alle modellrelevanten Parameter per Hand in das Modell REPRO überführt.

6.1 Das Modell REPRO

REPRO ist durch einen modularen Aufbau gekennzeichnet (Abbildung 57). Die Dokumentation der Betriebsstruktur, der Bewirtschaftungsintensität und der Produktionsverfahren des Landwirtschaftsbetriebs stellen die zentralen Modellkomponenten für eine Bewertung der Nachhaltigkeit und für die Realisierung eines Betriebsmanagements dar. In Verbindung mit der Schlagverwaltung und detaillierten Standortdaten bauen alle Bilanzrechnungen und Auswertungsverfahren darauf auf. Diese Betriebsdaten werden somit grundsätzlich nur einmal erfasst und dann so vom Programm verwaltet, dass sämtliche Module auf den gleichen Bestand zugreifen. Ermöglicht werden Analyserechnungen, Bewertungen und der Aufbau von Betriebsvarianten durch Stammdaten mit umfangreichem Expertenwissen in Form naturwissenschaftlich-ökologischer Modellparameter und ausgewählter Gleichungssysteme. Die einzelnen Module beinhalten die zugehörigen Indikatoren, anhand derer der Nachhaltigkeitsstatus ermittelt wird. Neben dem Humus-, Nährstoff- und Energiehaushalt sind das auch Angaben zur Pflanzenschutzintensität, Erosionsgefährdung und Biodiversität.

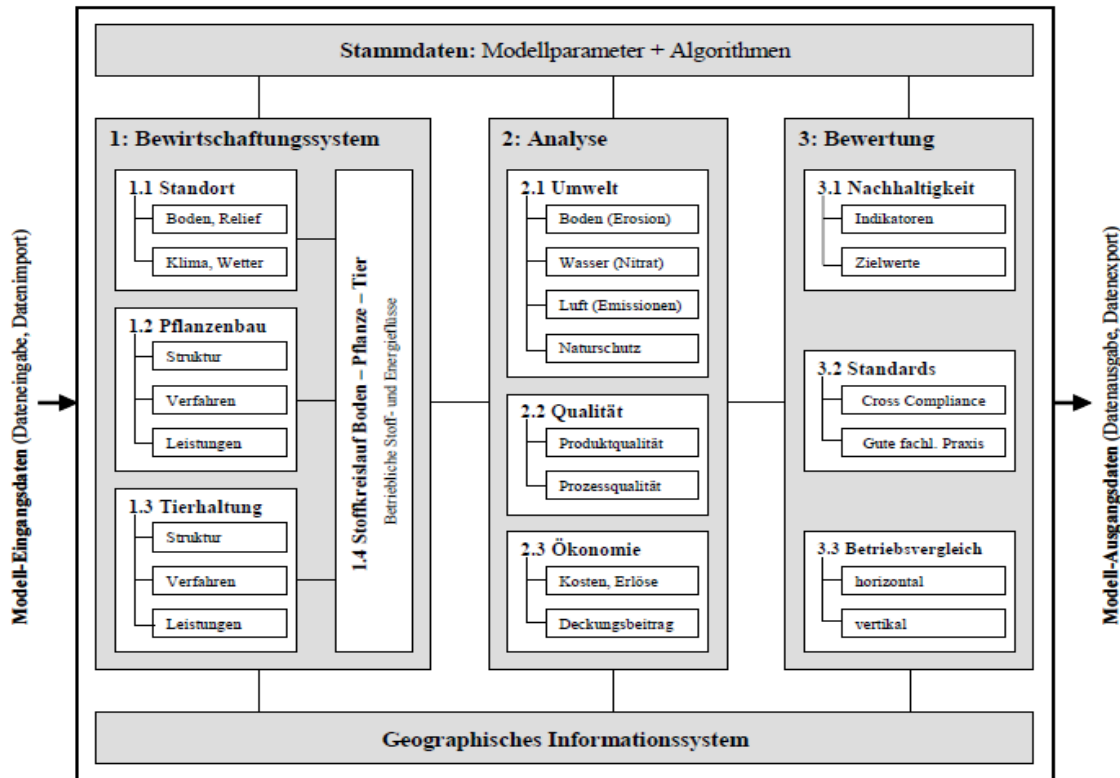


Abbildung 57: Aufbau des Programms REPRO

6.2 Humusbilanzierung in REPRO

Das Prinzip der Humusbilanzierung beruht darauf, dass der fruchtartspezifische Humusbedarf mit der Humuslieferung organischer Materialien verglichen wird. Im Modell REPRO kann dies nach vier verschiedenen Ansätzen erfolgen:

- im erweiterten Modus mit dynamischen Koeffizienten nach HÜLSBERGEN ET AL. (2003),
- im Standardmodus mit festen Koeffizienten nach LEITHOLD ET AL. (1997),
- im LUFA-Modus nach dem VDLUFA-Standpunkt (2004) zur Humusbilanzierung,
- mit den Koeffizienten im Rahmen der Cross Compliance-Richtlinien.

Für die Humusbilanzierung auf den BDF wurden zwei verschiedene Bilanzierungsmethoden, die auf unterschiedlichen Bewertungsmaßstäben basieren, angewendet. Zum einen erfolgte die Bilanzierung mit der HE-Methode in der dynamischen Betrachtungsweise (Ansatz 1), zum anderen mit der VDLUFA-Methode (2004) (Ansatz 3).

Bei der Anwendung der HE-Methode (eine Humuseinheit ist als 1 t Humus mit 50 kg N und 580 kg C definiert) geht es primär um eine relative (indirekte) Einschätzung des Humusversorgungsgrades. Die Grundthese lautet: Stimmen Humusbedarf und -aufkommen überein, so werden sich langfristig optimale Humusgehalte einstellen. Je mehr die Humuszufuhr vom standort- und bewirtschaftungsabhängigen Bedarf positiv oder negativ abweicht, desto ungünstiger wird die Situation bewertet. Im erweiterten Modus werden die Humusbilanz-Parameter dem Ertrags- und Düngungsniveau sowie den Standortbedingungen angepasst. Der fruchtartenspezifische Koeffizient wird daher von der Niederschlagshöhe, der Bodenart am Standort, der Ertragshöhe und der mineralischen Stickstoffdüngung be-

stimmt. Aus der Differenz von Humusbedarf und Humusersatzleistung (Humusmehrerleistung und Zufuhr organischer Dünger) errechnet sich der Humussaldo.

Mittels der Humusbilanzierung nach VDLUFA-Standpunkt werden die Veränderungen der Humusvorräte abgeschätzt, die durch die jeweiligen Fruchtarten bzw. deren Fruchtfolge und die Zufuhr organischer Substanz abgeleitet werden. Vorteil dieser Methode ist es, dass sie lediglich leicht zu erhebende Bewirtschaftungsdaten voraussetzt und für gelistete Haupt- und Zwischenfruchtarten, mehrjähriges Feldfutter und Brache Richtwerte für die anbauspezifische Veränderung der Humusvorräte bietet (vgl. HÜTTL ET AL. 2008). Es können so Humussalden berechnet werden, die sich zum einen aus der Humuszufuhr durch organische Dünger (Erntereste, Stallmist, Gülle, usw.), dem Anbau humusmehrender Fruchtarten zum anderen aus dem anbauspezifischen Humusbedarf ergeben (vgl. VDLUFA 2004).

Die Bilanzierungsmethode nach VDLUFA gilt als bundesweit abgestimmte Standardmethode. Im Gegensatz zur dynamischen Methode werden jedoch lediglich feste Koeffizienten zur Berechnung des Humussaldos verwendet und standortbezogene Daten nicht berücksichtigt. Es wird zwischen unteren und oberen Richtwerten unterschieden. Untere Richtwerte sollten vorzugsweise bei Böden in gutem Kulturzustand und mit optimaler mineralischer N-Düngung angewendet werden, die oberen Richtwerte für bereits längere Zeit mit Humus unterversorgte Böden.

Die insgesamt acht Grünlandflächen sind von der Bilanzierung ausgenommen, da sich durch ständige Bodenbedeckung, starke Durchwurzelung und fehlende Bodenbearbeitung optimale Humusspiegel einstellen. Im folgenden Ergebnisteil sind diese BDF daher nicht mit dargestellt.

7 Ergebnisse Kohlenstoffkreislauf

7.1 C-Austrag

7.1.1 C-Konzentrationen der Sickerwässer

Die C-Konzentrationen im Jahr 2012 lagen durchschnittlich bei 4,2 mg/l. Das Maximum wurde mit 9,7 mg/l auf der BDF 13, das Minimum mit 1,6 mg/l auf der BDF 21 erreicht (Abbildung 58). Deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Standorten sind kaum auszumachen. Ein ähnliches Bild zeigen die C-Konzentrationen im Jahr 2013 (Abbildung 59) und im Jahr 2014 (Abbildung 60). Mit durchschnittlich 3,8 mg/l (2013) bzw. 3,5 mg/l (2014) sind die C-Konzentrationen nur geringfügig niedriger als im Jahr 2012. Auffällig ist jedoch die BDF 13, die mit einer C-Konzentration von 10 mg/l (2013) bzw. 9,6 mg/l (2014), wiederholt das Konzentrationsmaximum darstellt. Dies ist wahrscheinlich damit zu erklären, dass es sich bei dieser BDF um einen Braunerde-Gley-Podsol handelt, welcher unter anderem durch eine verstärkte Huminstoffanreicherung im Unterboden gekennzeichnet ist. Auf der BDF 21 wurde mit nur 1 mg/l (2013) bzw. 0,7 mg/l (2014) abermals die niedrigste C-Konzentration gemessen. Bis auf wenige Ausnahmen unterscheiden sich die C-Konzentrationen der BDF in den Jahren 2012, 2013 und 2014 nur geringfügig. Dieselben Größenordnungen der C-Konzentrationen zeigten auch die mittels Saugkerzen gewonnenen Werte auf den BDF II Standorten.

Da die C-Konzentrationen kaum Änderungen aufweisen, scheint es sich vorwiegend um stabile Verbindungen zu handeln. Selbst bei humusreichen Böden findet eine Verlagerung der wasserlöslichen organischen Substanz demnach kaum statt. Ein Zusammenhang zwischen den wasserlöslichen C-Konzentrationen und den Gehalten an organischen Kohlenstoff im Boden konnte nicht nachgewiesen werden.

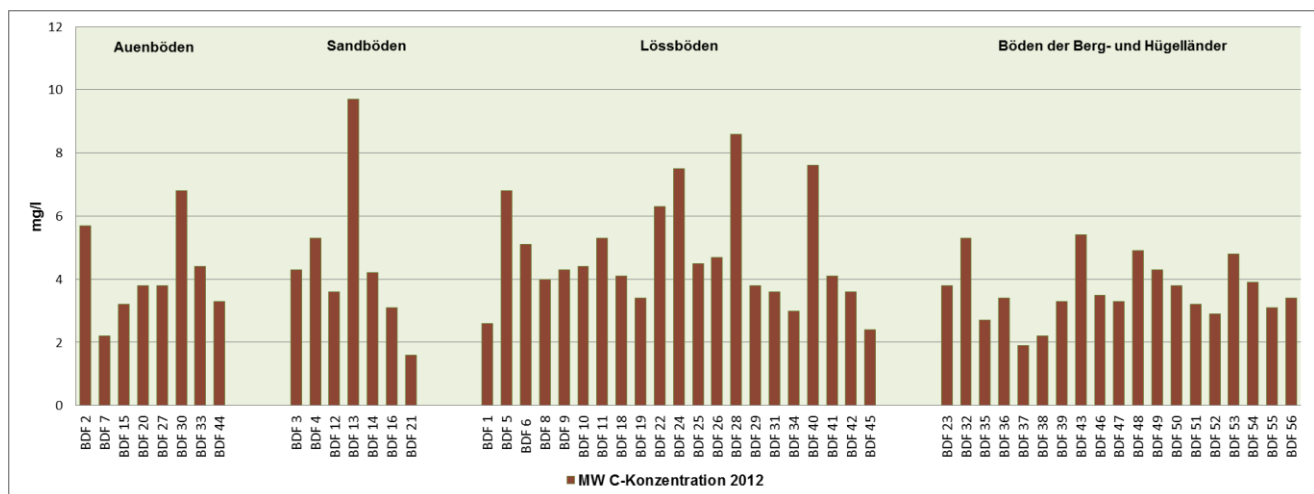


Abbildung 58: C-Konzentrationen im Sickerwasser im Jahr 2012

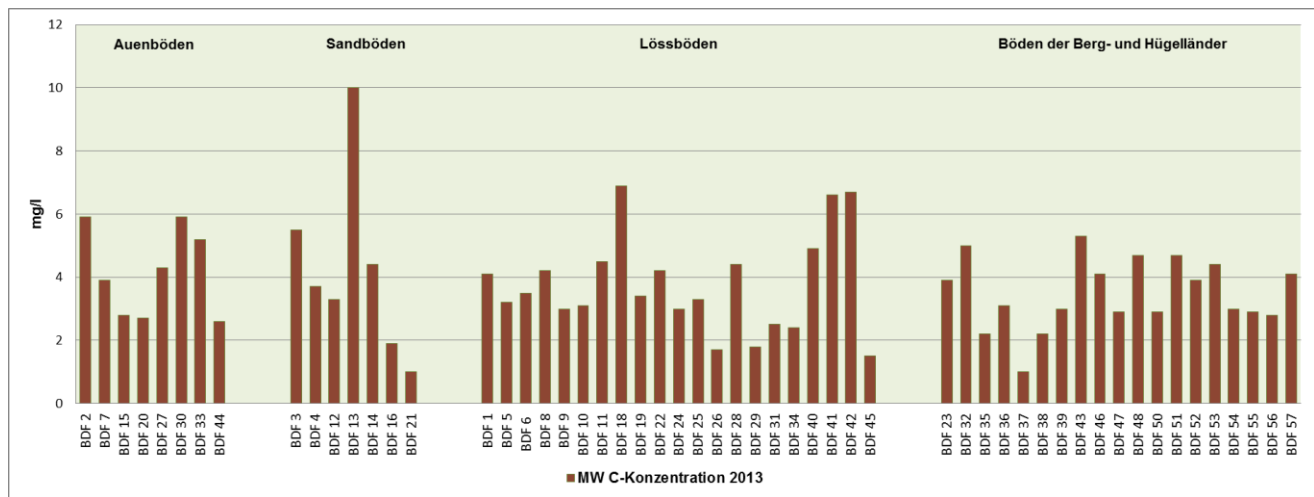


Abbildung 59: C-Konzentrationen im Sickerwasser im Jahr 2013

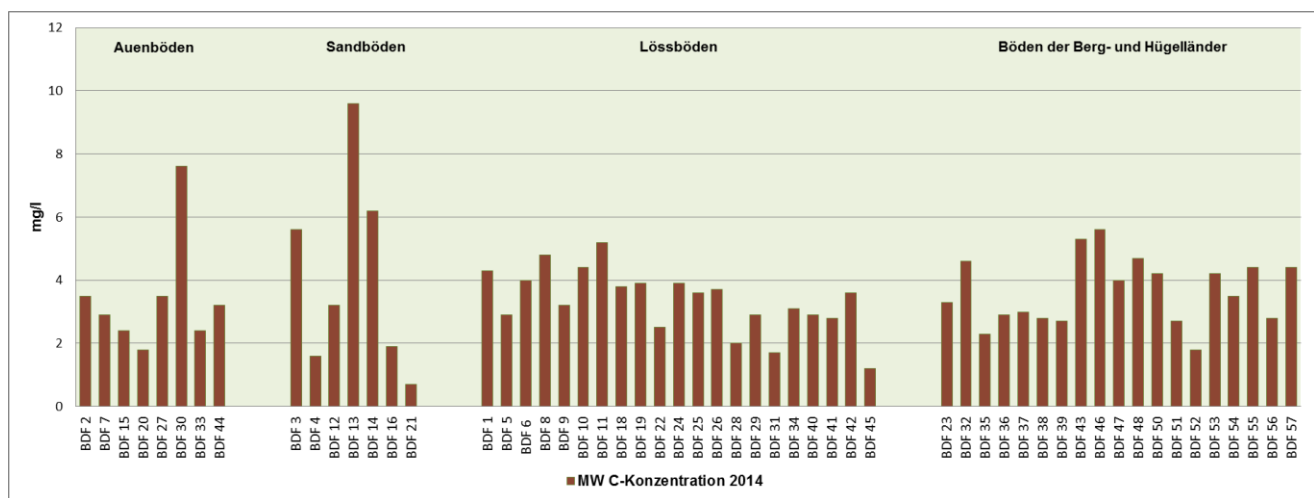


Abbildung 60: C-Konzentrationen im Sickerwasser im Jahr 2014

7.1.2 C-Frachten mit dem Sickerwasser

Die sich aus Sickerwassermengen und C-Konzentrationen ergebenden C-Frachten sind in den Abbildungen 61, 62 und 63 dargestellt. Diese lagen im Mittel im Jahr 2012 bei 13 kg/ha und im Jahr 2013 bei 14 kg/ha. Größere Unterschiede zwischen den beiden Jahren traten demnach nicht auf. Zu erkennen ist jedoch, dass insbesondere im Jahr 2013 auf Standorten mit sehr hohen Niederschlagsmengen und damit einhergehend hohen Sickerwassermengen zum Teil hohe C-Frachten von über 30 kg/ha erreicht wurden. Die nur sehr geringen Sickerwassermengen im Jahr 2014 hingegen führten dazu, dass die mittlere C-Fracht lediglich 4 kg/ha betrug. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Kohlenstoff in wässrigen Lösungen in Größenordnungen zwischen 0,7 und 38 kg/ha verlagert werden kann.

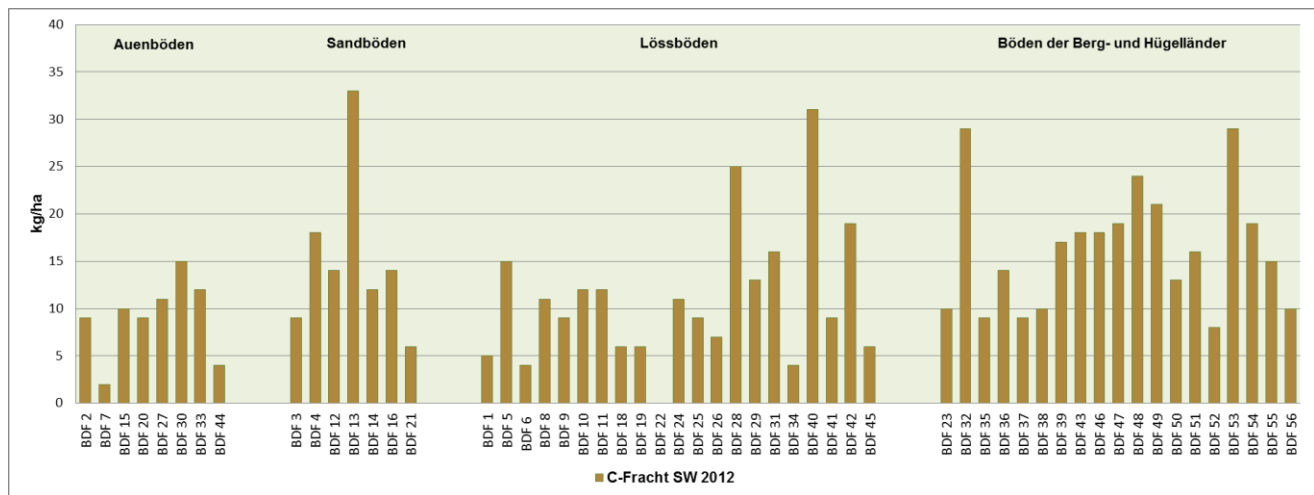


Abbildung 61: C-Frachten mit dem Sickerwasser im Jahr 2012

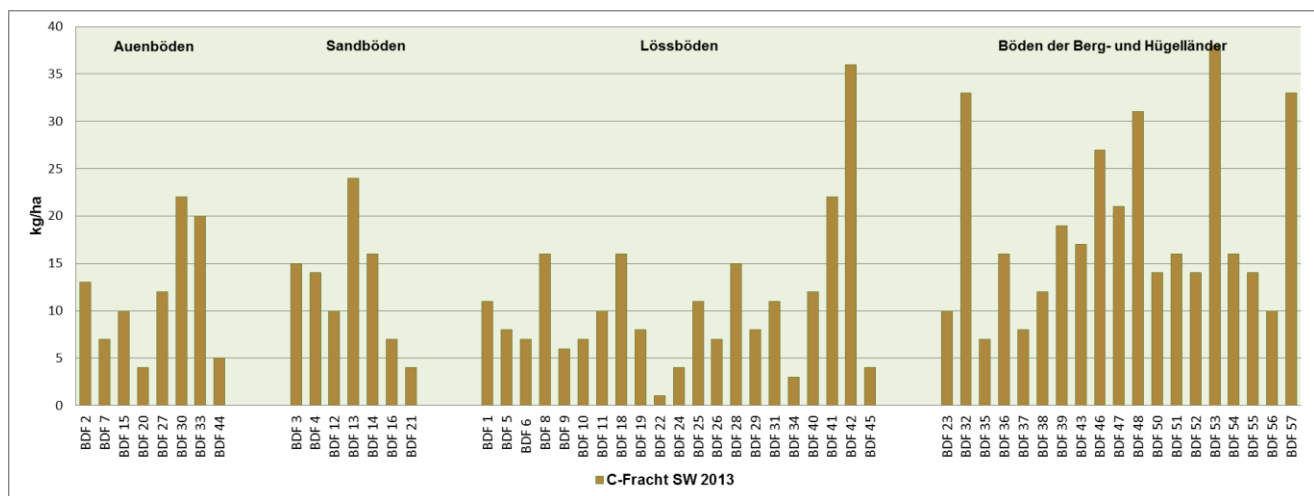


Abbildung 62: C-Frachten mit dem Sickerwasser im Jahr 2013

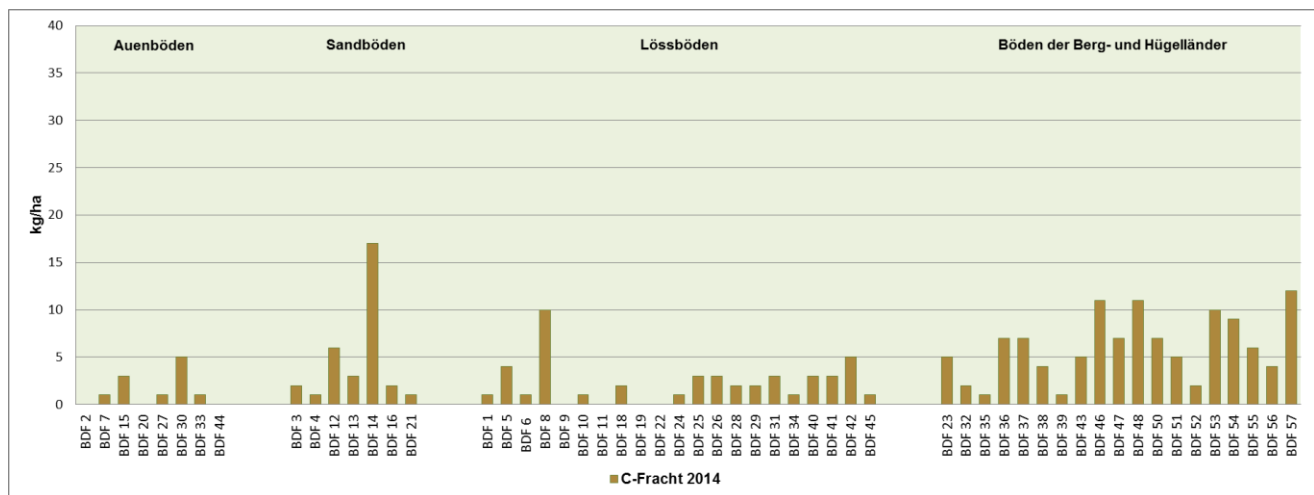


Abbildung 63: C-Frachten mit dem Sickerwasser im Jahr 2014

7.2 Humusbilanz

Die Humusbilanzsalden der insgesamt 47 BDF ergeben sich aus der Gegenüberstellung des Humusbedarfs und der Humusersatzleistung. Der Humusbedarf, resultierend aus dem Fruchtartenspektrum und dem Anbauverhältnis, wird im Wesentlichen von den Standortverhältnissen (Bodenart und Niederschlag), der Ertragshöhe sowie der mineralischen Düngung beeinflusst. Die Berechnungen ergaben einen durchschnittlichen Humusbedarf von 500 kg C/ha, wobei ein eindeutiger Standortbezug nicht ausgemacht werden konnte. Etwas mehr als die Hälfte der Flächen (51 %) wies einen Humusbedarf zwischen 400 und 600 kg C/ha auf. Der hohe Humusbedarf von über 600 kg C/ha, auf insgesamt elf Flächen, ergibt sich vorrangig aus dem Anbau humuszehrender Fruchtarten. Allen voran sind hier der Anbau von Zuckerrüben (BDF 5, 18, 24) und Spargel (BDF 4) zu nennen. Aber auch eine Silomais-Getreide-Silomais-Silomais Fruchtfolge (BDF 15) führt zu einem enorm hohen Humusbedarf, welcher nur schwer mit üblichen Aufwandmengen vollständig abzudecken ist. Die BDF 47 und 53 hingegen wiesen keinen Humusbedarf auf, da auf diesen Flächen durchgehend humusmehrendes Klee-gras angebaut wurde (Abbildung 64).

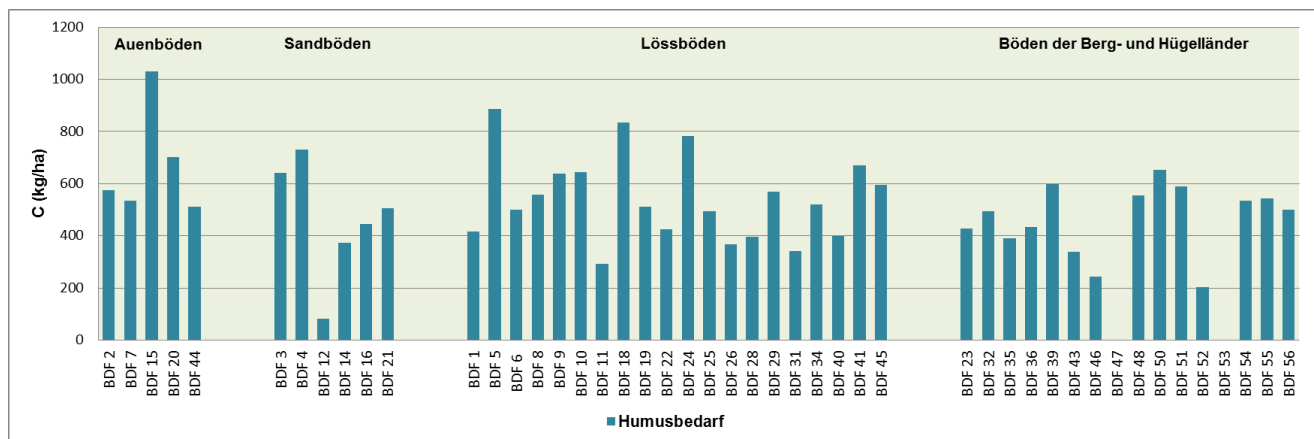


Abbildung 64: Humusbedarf nach REPRO auf Grundlage der Humusbilanzen im erweiterten Modus (vier-jähriger Mittelwert 2011 bis 2014)

Die Humusersatzleistung wird durch den Anbau humusmehrender Fruchtarten sowie durch die Rückführung organischer Dünger (Stroh- und Gründüngung, Stallmist, Gülle) bestimmt und ist in Abbildung 65 dargestellt. Im Mittel ergab sich eine Humusersatzleistung von 336 kg C/ha. Auf den meisten Flächen, insbesondere auf den Lössstandorten, stellte die Strohdüngung den Hauptanteil bei der Versorgung der Flächen mit organischer Substanz dar. Dieser könnte jedoch vor allem auf Flächen, auf denen Wintergetreide angebaut wird, noch höher ausfallen, würde das Nebenprodukt häufiger auf der Fläche verbleiben. Größere Humuszufuhren gehen auch auf die Rückführung von Stallmist und auf das Ausbringen von Gülle zurück. Gerade die BDF 18, 19 und 41 zeigten mit über 600 kg C/ha eine hohe Humusersatzleistung. Eine eher untergeordnete Rolle spielten Gründüngung und andere organische Dünger.

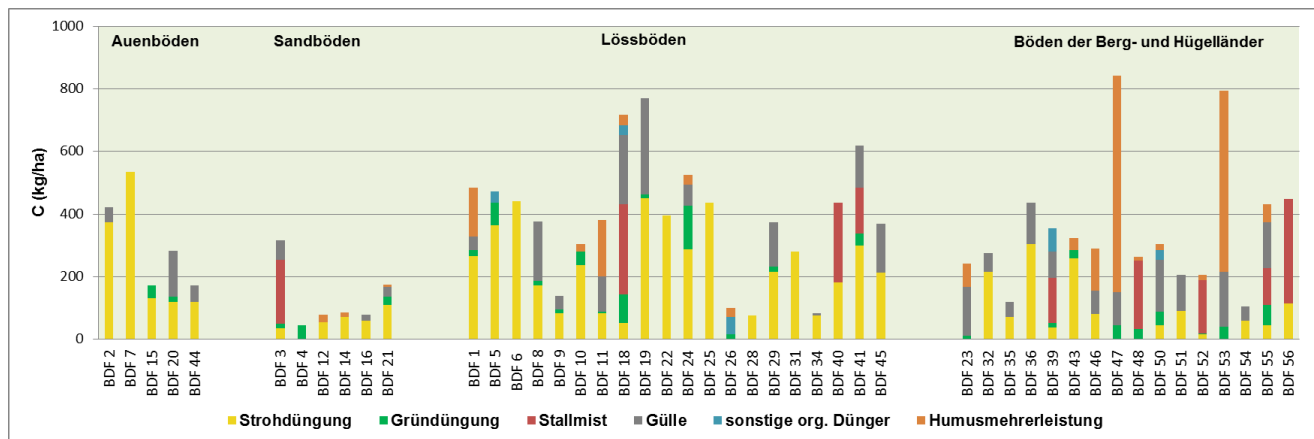


Abbildung 65: Humusersatzleistung der organischen Dünger nach REPRO auf Grundlage der Humusbilanzen im erweiterten Modus (vierjähriger Mittelwert 2011 bis 2014)

Aus der Gegenüberstellung des Humusbedarfs und der Humusersatzleistung ergeben sich die Humusbilanzsalden. Aufgrund des hohen Humusbedarfs und der im Vergleich niedrigen Humusersatzleistung wies nach den Berechnungen mit REPRO im erweiterten Modus (dynamische Betrachtungsweise) der Großteil der BDF negative Salden auf (Abbildung 66). Im Durchschnitt ergab sich ein Humussaldo von -171 kg C/ha, wobei sich eine sehr hohe Schwankungsbreite in den Humussalden auf den Flächen zeigte. Lediglich neun Standorte wiesen Salden im positiven Bereich auf. Auffällig hierbei die BDF 47 und 53, welche aufgrund ihrer humusmehrenden Anbaustruktur deutlich positive Humussalden von über 400 kg C/ha zeigten. Der Humusbedarf von BDF 1, 11, 40 und 46 konnte durch eine ausreichende Zufuhr organischer Dünger vollständig abgedeckt werden und führte sogar zu einer Humusanreicherung auf diesen Standorten. Mehrheitlich reichte die Versorgung der BDF mit organischer Substanz jedoch nicht aus, um den hohen Humusbedarf zu decken.

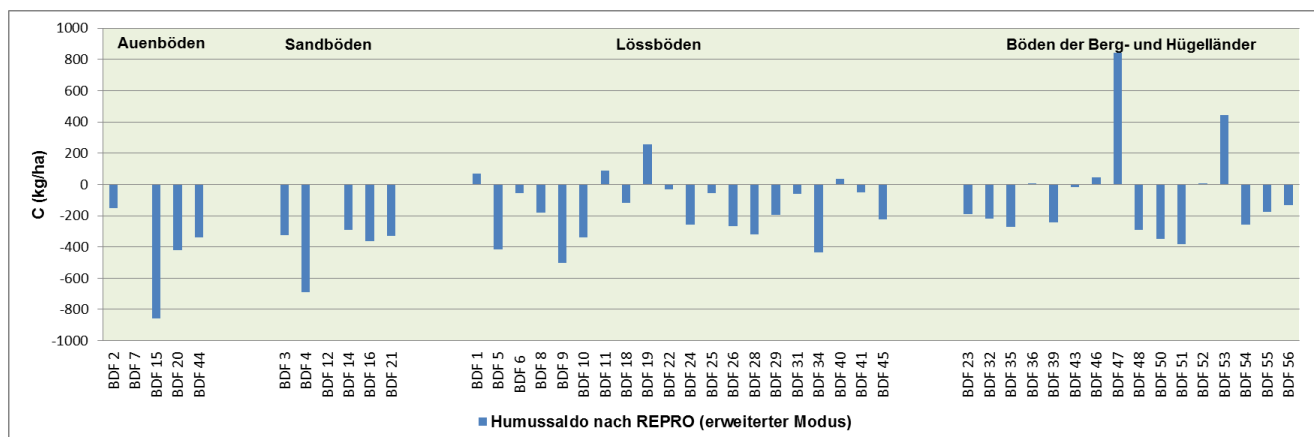


Abbildung 66: Humussalden nach REPRO auf Grundlage der Humusbilanz im erweiterten Modus (vierjähriger Mittelwert 2011 bis 2014)

Zum Vergleich sind in Abbildung 67 die Humussalden nach VDLUFA-Methode (untere und obere Werte) dargestellt. Es zeigt sich, dass sich nach dieser Bilanzierungsmethode höhere Humussalden ergeben. Im vierjährigen Durchschnitt ergab sich ein Humussaldo von 77 kg C/ha (untere Werte) bzw. 32 kg C/ha (obere Werte). Insbesondere auf Standorten, die ein höheres Ertragsniveau aufweisen, zeigen sich positive Humussalden, was hauptsächlich aus den ebenso höheren Nebenproduktmengen resultiert.

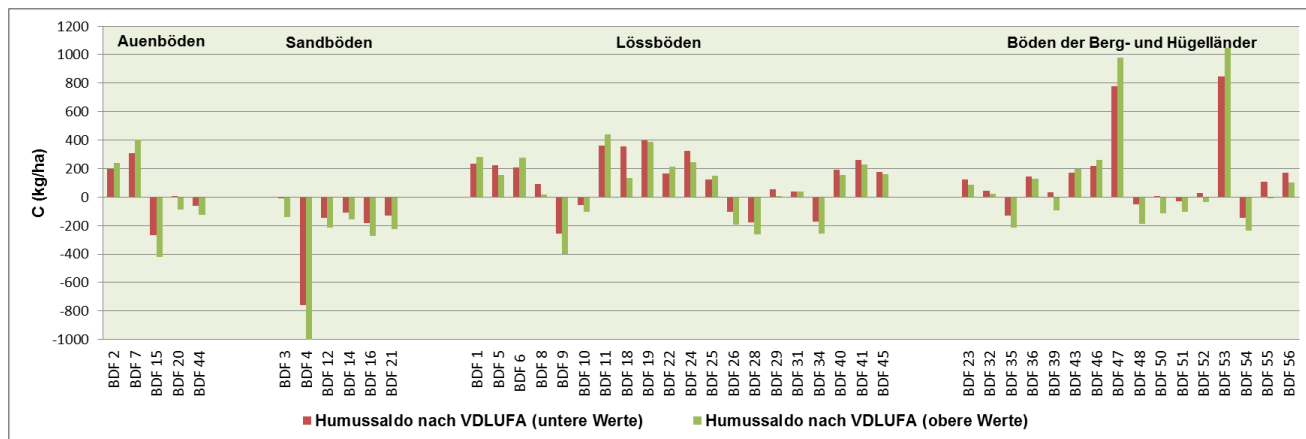


Abbildung 67: Humussalden nach VDLUFA mit unteren und oberen Werten (vierjähriger Mittelwert 2011 bis 2014)

Nach den VDLUFA-Saldengruppen (vgl. VDLUFA 2004) liegen die Humussalden nach REPRO auf mehr als zwei Drittel der BDF in der Gruppe A und B. Damit ist die Humusversorgung auf diesen Standorten als sehr niedrig bzw. niedrig zu bewerten. Insgesamt 14 Standorte können der Gehaltsklasse C zugeordnet werden, was einer optimalen Humusversorgung entspricht. Die restlichen drei Flächen lassen sich in die Gehaltsklassen D und E einordnen (Abbildung 68).

Die Humussalden nach VDLUFA zeigen hingegen ein anderes Bild. Werden die Humussalden mit unteren Werten betrachtet, so liegt lediglich knapp ein Viertel der BDF in den Gehaltsklassen A und B. Etwa 30 % der Flächen liegen in der Gehaltsklasse C. Mit fast 50 % werden die meisten Standorte den Gehaltsklassen D und E zugeordnet. Die Humusversorgung ist hier demnach als hoch bzw. sehr hoch einzuschätzen, wonach auch ein erhöhtes Risiko für Stickstoff-Verluste bestehen würde. Ähnliches gilt für die Humussalden mit oberen Werten, wobei hier weniger Flächen der Klasse C und mehr Flächen der Klasse A zugeordnet werden (Abbildung 68). Bei der Humusbilanzierung zeigen sich also zum Teil deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Methoden.

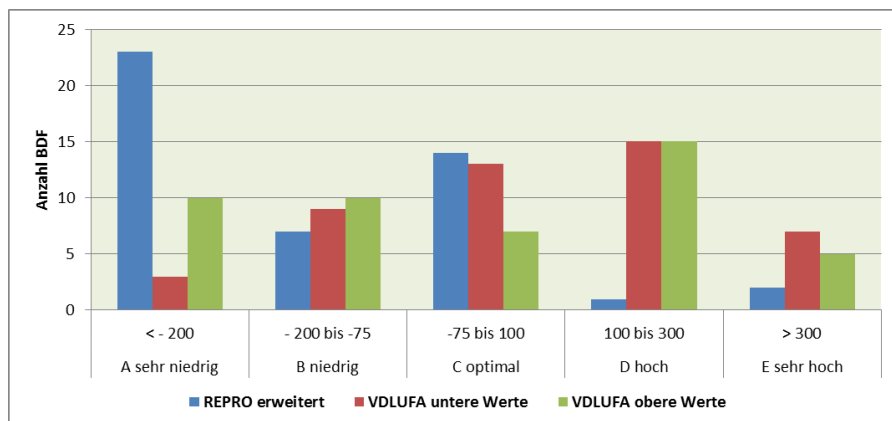


Abbildung 68: Histogramm der Humussalden nach verschiedenen Bilanzierungsverfahren (vierjähriger Mittelwert 2011 bis 2014)

Um abschließend einen Überblick über das sächsische Versorgungsniveau zu bekommen, ist in Tabelle 12 die Verteilung der Humusbilanzklassen nach der VDLUFA-Methode (untere und obere Werte) für die 55 BDF sowie für 1058 DTF (vgl. SEIBT 2007, KOLBE 2012) dargestellt. Zu erkennen ist, dass sowohl untere als auch obere Werte bei den jeweiligen Flächen ähnliche Anteile in den Humusbilanzklassen aufweisen. Die Ergebnisse der Humusbilanzie-

rung auf den BDF decken sich damit weitestgehend mit denen auf den DTF und zeigen somit ein einheitliches Bild für den Freistaat Sachsen.

Tabelle 12: Verteilung und Vergleich der Humusbilanzklassen nach VDLUFA (untere und obere Werte) für BDF und DTF

Humussalden nach VDLUFA	Anteil der Humusbilanzklassen in Prozent				
	A	B	C	D	E
untere Werte BDF	6	19	28	32	15
untere Werte DTF	2	9	38	38	13
obere Werte BDF	21	21	15	32	11
obere Werte DTF	15	21	38	19	7

Die Aussage, die schon für die Bilanzierung der Stickstoffkreisläufe getroffen wurde, trifft gleichermaßen für die Humusbilanzierung zu: Vierjährige Humusbilanzen lassen nur näherungsweise eine Analyse und Bewertung des Humushaushaltes zu. Die Bilanzierung über einen längeren Zeitraum hingegen verbessert die Aussagekraft der ermittelten Humussalden.

8 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die Kohlen- und Stickstoffkreisläufe an repräsentativen Standorten Sachsens analysiert. Hierfür wurden Daten von insgesamt 55 BDF erfasst und untersucht. Dabei fand eine umfangreiche Beprobung und Analytik von Böden und Pflanzen der einzelnen Standorte statt.

Zur Analyse der Stickstoffkreisläufe wurden für jede einzelne Fläche standortbezogene N-Bilanzsalden erstellt. Die dabei berücksichtigten N-Zufuhrquellen umfassten die mineralische sowie organische Düngung, die N-Depositionen und die symbiotische N-Bindung. Die N-Entzugswerte der Ernteprodukte sowie die N-Auswaschung mit dem Sickerwasser stellten die N-Austragspfade dar. Im Gegensatz zu modellbasierten Bilanzierungsmethoden, die häufig auf Schätzwerte angewiesen sind, dienten in der vorliegenden N-Bilanzierung fast ausschließlich Erhebungswerte und berechnete Werte als Datengrundlage. Aufgrund des sich daraus ergebenden hohen Aufwandes stand weniger die Quantität, als vielmehr die Qualität der erhobenen Daten im Vordergrund. So ermöglichten die jeweils dreifach im Jahr stattfindenden Standortbeprobungen eine genaue Erfassung bilanzierungsrelevanter Parameter.

Durch die Ermittlung der Wassergehalte im Boden, Bestimmung der N-Konzentrationen im Sickerwasser und der N-Gehalte im Pflanzenmaterial, konnte die Voraussetzung dafür geschaffen werden, die N-Austräge mit dem Sickerwasser sowie N-Entzüge bei Abfuhr der Ernteprodukte konkret zu erfassen und so realistisch wie möglich abzubilden.

Über den Pfad Boden-Pflanze wurden den landwirtschaftlich genutzten BDF in den Jahren 2012, 2013 und 2014 durchschnittlich zwischen 119 und 127 kg N/ha entzogen. Die höchsten N-Entzüge verzeichneten dabei insbesondere BDF auf Lössstandorten mit hohen Ertragsergebnissen bei Winterweizen und Silomais sowie Flächen auf Böden der Berg- und Hügelländer, auf denen Klee angebaut wurde bzw. die als Grünland genutzt wurden.

N-Verluste durch Auswaschung mit dem Sickerwasser lagen bei durchschnittlich 40 kg/ha im Jahr 2012 und bei 50 kg/ha im Jahr 2013. Die N-Frachten, die sowohl von der Art und Intensität der Bewirtschaftung als auch von den jeweiligen Klima- und Standortverhältnissen abhängen, variierten dabei erheblich. Vor allem die hohen Niederschläge im Jahr 2013 und der damit verbundene Anstieg der Sickerwassermengen an den betroffenen Standorten führten zum Teil zu erheblichen N-Frachten von über 200 kg/ha. In nassen Jahren ist demnach auch mit einer hohen N-Verlagerungsgefahr auf den BDF zu rechnen. Im Jahr 2014 hingegen lagen die durchschnittlichen N-Frachten aufgrund sehr geringer Sickerwassermengen lediglich knapp über 10 kg/ha, mit der Folge, dass hier einige Flächen durch N-Anreicherungen gekennzeichnet sind.

Als N-Eintragspfade wurden die N-Düngung, die N-Immissionen und auf einigen Standorten auch die symbiotische N-Bindung angerechnet. Die flächendeckenden N-Depositionseinträge für Sachsen wurden dabei punktuell aus den Bulk-Messstationen der BDF II-Standorte ermittelt. Gemessene monatliche Extremwerte, welche eindeutig auf die Ausbringung von N-haltigen Düngemitteln zurückzuführen sind, wurden herausgerechnet, so dass lediglich die Grundbelastung der trockenen und nassen N-Deposition in die N-Bilanzrechnung einfließt. Die so ermittelten Einträge lagen in den drei Untersuchungsjahren zwischen 7 und 9 kg N/ha und haben daher nur geringfügig Einfluss auf die Höhe der jeweiligen N-Salden.

Die höchsten N-Zufuhren erfolgten durch den Einsatz mineralischer und organischer Düngemittel. Durchschnittlich ergaben sich N-Einträge in Höhe von 145 kg/ha im Jahr 2012, 152 kg/ha im Jahr 2013 und 141 kg/ha im Jahr 2014. Flächen, auf denen Winterweizen angebaut wurde, sowie Grünlandstandorte erhielten dabei durchschnittlich

die höchsten N-Zufuhren. Die mit Abstand größten N-Mengen wurden der BDF 42 in den Jahren 2012 und 2013 zugeführt.

Auf Grünland- und Leguminosenstandorten wurden zusätzlich die N-Einträge durch die symbiotische N-Bindung berücksichtigt. Standorte, die als Grünland genutzt werden, wiesen dabei N-Zufuhren zwischen 3 und 25 kg/ha auf. Bedeutend höhere N-Zufuhren von über 100 kg/ha verzeichneten hingegen einige Leguminosenstandorte.

Die sich hieraus ergebenden N-Bilanzsalden auf den sächsischen BDF zeigten in den Jahren 2012 und 2013 mit durchschnittlich -10 bzw. -12 kg/ha leicht negative Bilanzen, wobei die Einzelwerte zum Teil sehr stark streuen. Im Vergleich dazu lagen die mittleren N-Salden im Jahr 2014 mit etwa 15 kg/ha deutlich darüber. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in diesem Jahr aufgrund der fehlenden bzw. nur sehr geringen Sickerwassermengen N-Auswaschungsverluste kaum stattgefunden haben. Da die Aussagekraft einjähriger N-Salden ohnehin als gering einzuschätzen ist, wurden die N-Salden aller BDF über den Zeitraum der drei Jahre gemittelt. Im Ergebnis zeigte sich so ein ausgeglichener N-Saldo in Höhe von 1 kg/ha. Hierbei sind jedoch auch deutliche Standortunterschiede auszumachen. Negative N-Salden weisen vor allem die BDF auf Auenböden und auf Böden der Berg- und Hügelländer auf. Positive N-Salden hingegen zeigen sich insbesondere auf den Sand- und Lössstandorten.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Bilanzierungsergebnisse bei einjähriger Betrachtung zum Teil sehr heterogene Stickstoffsalden auf den BDF zeigen, bei dreijähriger Betrachtungsweise sich hingegen ein homogeneres Bild ergibt. Den größten Einfluss auf die Höhe der N-Salden haben dabei die Zufuhr von Stickstoff infolge der Ausbringung von N-haltigen Düngemitteln auf der einen sowie der Austrag von Stickstoff durch Abfuhr der Erzeugnisse auf der anderen Seite. Aber auch N-Verluste infolge der Auswaschung mit dem Sickerwasser können, insbesondere auf niederschlagsreichen Standorten, entscheidend auf die Höhe der N-Salden einwirken.

N-Einträge infolge der atmosphärischen Deposition spielen in Sachsen nur eine untergeordnete Rolle. Gleiches gilt, bis auf wenige Ausnahmen (Leguminosenstandorte mit hohen Erträgen), für die N-Zufuhr durch die legume N-Fixierung. Um noch detailliertere Aussagen zu den Stickstoffkreisläufen auf den einzelnen BDF treffen zu können, wäre es notwendig, die Untersuchung als Langzeitstudie fortzusetzen. Eine präzise Ableitung der Stoffdynamik im Boden ist nur so möglich. Durch erkennbare Tendenzen ließe sich die Aussagekraft der N-Salden weiter erhöhen und die Optimierung der betrieblichen N-Kreisläufe weiter unterstützen.

In Hinblick auf die ermittelten Sickerwassermengen muss erwähnt werden, dass sich im Untersuchungszeitraum die klimatische Situation in Sachsen als äußerst extrem darstellte. Durch überdurchschnittliche Niederschlagsmengen in den Jahren 2012 und 2013 ergaben sich sehr hohe Sickerwassermengen auf einzelnen Standorten, was in der Folge auch zu hohen N-Auswaschungsverlusten führte. Das Untersuchungsjahr 2014 hingegen war eher durch geringe Niederschlagsmengen und damit einhergehend durch niedrige Sickerwasserraten gekennzeichnet. Weitere mehrjährige Beobachtungen und Untersuchungen sind daher unabdingbar, um standorttypische Normalwerte der Sickerwassermengen auf den BDF auszumachen und somit auch abschätzen zu können, wie hoch die „normalen“ N-Verluste durch Auswaschung sind.

Werden die N-Salden nach Vorgaben der Düngeverordnung betrachtet, zeigt sich auch sehr gut, dass negative bzw. leicht positive N-Salden nicht unbedingt zu geringen N-Auswaschungen führen müssen und der N-Saldo, ohne Berücksichtigung der N-Frachten mit dem Sickerwasser, daher auch nur schwer als Maß zur Einschätzung der N-Auswaschungsgefahr angesehen werden kann.

Für die Bilanzierung der Kohlenstoffkreisläufe wurde einerseits der C-Austrag über das Sickerwasser jeder BDF bestimmt. Dies geschah über die Ermittlung der Fracht des wasserlöslichen Kohlenstoffs mit dem Sickerwasser-

strom. Die ermittelten C-Konzentrationen im Sickerwasser bewegten sich in allen drei Jahren in einem Bereich zwischen 0,7 und 10 mg/l und blieben auch annähernd konstant. Die C-Frachten, die den Boden aus 60 cm Tiefe verlassen, lagen in den Jahren 2012 bis 2014 je nach Standort- und Nutzungsverhältnissen sowie Niederschlagsmengen zwischen 0 und 38 kg/ha. In der vorliegenden Untersuchung konnte so festgestellt werden, dass die C-Austräge in Form des wasserlöslichen Kohlenstoffs für eine quantitative Bewertung von untergeordneter Bedeutung sind.

Bedeutender hinsichtlich der Kohlenstoffdynamik auf den einzelnen Standorten war die Durchführung einer Humusbilanzierung mit Hilfe des Modells REPRO. Hierbei kamen die Bilanzierungsmethoden im erweiterten Modus mit dynamischen Koeffizienten nach HÜLSBERGEN ET AL. (2003) sowie im LUFA-Modus nach dem VDLUFA-Standpunkt (2004) zur Humusbilanzierung zum Einsatz. Für die Berechnung der Humussalden der BDF wurde jedoch die Humusbilanzierung im erweiterten Modus verwendet, da hierdurch die Humusbilanz-Parameter dem Ertrags- und Düngungsniveau sowie den Standortbedingungen angepasst werden. Die Bilanzierungsergebnisse zeigen, dass knapp die Hälfte aller BDF Humussalden unter -200 kg/ha aufweisen und demzufolge die Humusversorgung auf diesen Flächen als sehr niedrig einzuschätzen ist. Dies ist vorrangig auf den hohen Humusbedarf und die gleichzeitig geringe Humusersatzleistung zurückzuführen. Insbesondere die Erntereste werden auf den BDF zu wenig bzw. in zu geringem Umfang eingearbeitet, weshalb der Humusbedarf auf vielen Standorten nicht ausreichend abgedeckt werden kann. Auch die monotone Anbaustruktur auf einigen Flächen (mehrfähriger Anbau von Hackfrüchten, Silomaiskulturen), welche durch einen hohen Humusbedarf gekennzeichnet sind, führt dazu, dass hier langfristig mit einem Abbau der organischen Substanz gerechnet werden muss. Werden die Ergebnisse nach VDLUFA-Methode betrachtet, sind zum Teil auch deutliche Unterschiede zu erkennen. Die hieraus abgeleiteten Klassenhäufigkeiten der Humusversorgung decken sich aber weitestgehend mit denen der DTF und zeigen ein einheitliches Bild für Sachsen.

Die Aussagekraft der Humussalden wäre höher, wenn die Bilanzierung über einen längeren Zeitraum als über die betrachteten vier Jahre erfolgen würde. Eine Epignose der Humussalden wäre hierfür durchaus eine Möglichkeit, um auf den BDF langjährige Humusbilanzen zu erstellen.

Wie schon in verschiedenen Untersuchungen zur Entwicklung der Humusgehalte festgestellt wurde (vgl. HÜTTL ET AL. 2008, CAPRIEL und SEIFFERT 2011), spiegeln auch die vorgestellten Ergebnisse zur Humusbilanzierung den Umstand wieder, dass heutzutage die Gefahr einer Abnahme der Humusvorräte durchaus besteht. Negative Humusbilanzen und sinkende Humusgehalte könnten bspw. die Folge der oben genannten Zunahme des Anbaus humuszehrender Kulturen sein. Aber auch der maximale Biomasse-Export von der Fläche zum Zwecke eines maximalen Ertrages an Energierohstoffen, eine geringe Nachlieferung reproduktionswirksamer organischer Substanz, der relativ geringe Zwischenfruchtanbau und die abnehmende Bedeutung des Stallmistes zugunsten der Güllewirtschaft können zur Abnahme der Humusvorräte führen.

Um einen möglichen Verlust bzw. einen Rückgang der organischen Substanz vorzubeugen und um den jährlichen Abbau auszugleichen, können verschiedene Maßnahmen ergriffen werden. So bewirken mehrjährige Kulturen einen ansteigenden Humusgehalt, da während ihres Anbaus keine Bodenbearbeitung erfolgt. Dabei sollte möglichst viel organische Substanz auf der Fläche verbleiben. Zudem kommt es darauf an, ausgewogene und geeignete Fruchtfolgen ohne Dominanz von Humuszehrern zu berücksichtigen. Des Weiteren sollte eine dem Standort angepasste Düngung erfolgen. Ferner sind der Einsatz organischer Dünger (insbesondere Stallmist), der Anbau von Leguminosen sowie der Zwischenfruchtanbau (vgl. ECOLOGIC 2005, HÜTTL ET AL. 2008) empfehlenswert.

Literaturverzeichnis

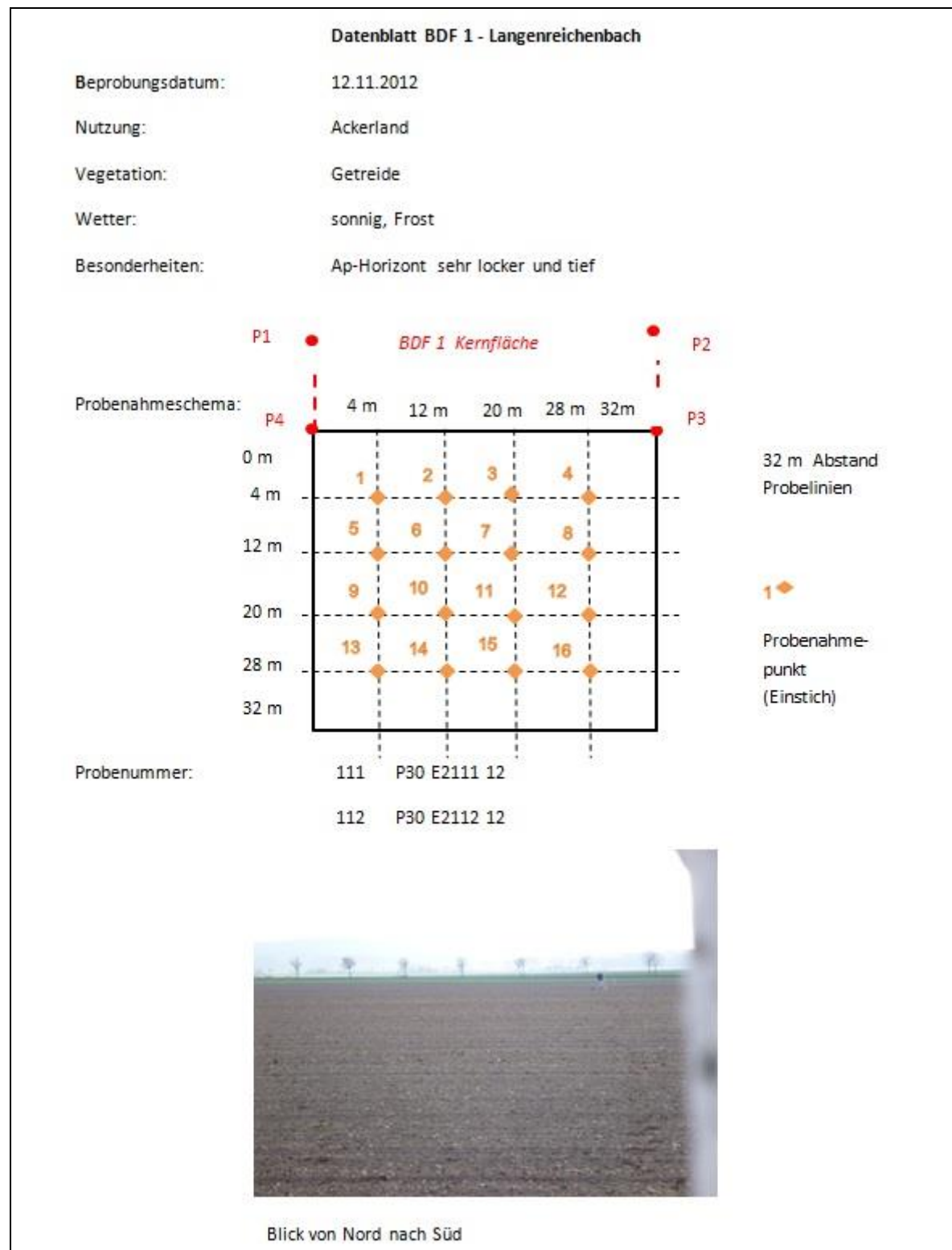
- BACH, M., GODLINSKI, F., GREEF, J.-M. (2011): Handbuch – Berechnung der Stickstoffbilanz für die Landwirtschaft in Deutschland Jahre 1990-2008. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut, Nr. 159 – Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen [Hrsg.], Braunschweig
- BARTH, N., BRANDTNER, W., CORDSEN, E., DANN, T., EMMERICH, K.-H., FELDHAUS, D., KLEEFISCH, B., SCHILLING, B., UTERMANN, J. (2000): Boden-Dauerbeobachtung. Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. In: Rosenkranz/Einsele/Harreß: Handbuch Bodenschutz, Bd. 3, KennNr: 9152
- BARTH, N., FORBERG, H. (2013): Boden-Dauerbeobachtungsprogramm des LfULG in Sachsen – Standortcharakteristika; [https://www.boden.sachsen.de/download/boden/BDF-Standortcharakteristika\(1\).pdf](https://www.boden.sachsen.de/download/boden/BDF-Standortcharakteristika(1).pdf)
- BARTH, N., KARDEL, K., FORBERG, H. (2011): Boden-Dauerbeobachtung – Stoffvorratsänderungen im Boden am Beispiel des organischen Kohlenstoffs. In: LfULG-Schriftenreihe, Heft 45/2011, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden
- BARTH, N., KARDEL, K., FORBERG, H. (2012): Boden-Dauerbeobachtung – Entwicklung der Bodenfeuchte auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF II) in Sachsen. In: LfULG-Schriftenreihe, Heft 41/2012, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [Hrsg.], Dresden
- BARTH, N., FORBERG, H., TANNERT, R. (2014): Erfassung langjähriger Stickstoff-Depositionseinträge auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF II) in Sachsen. In: LfULG-Schriftenreihe, Heft 38/2014, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [Hrsg.], Dresden
- BECKMANN, U., KOLBE, H., MODEL, A., RUSSOW, R. (2001): Ackerbausysteme im ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung von N-Bilanz und Effizienzkennzahlen. In: UFZ-Bericht Nr. 14, Leipzig-Halle
- BMELV – BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2013): Statistik und Berichte des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. MBT-0111130-0000: Flächenbilanz von 1990 bis 2012 – in kg N/ha
- CAPRIEL, P., SEIFFERT, D. (2011): 20 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in Bayern – Teil 3: Entwicklung der Humusgehalte zwischen 1986 und 2007. In: LfL-Schriftenreihe, Heft 10/2009 – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft [Hrsg.], Freising-Weihenstephan
- DÖHLER, H., DÄMMGEN, U., EURICH-MENDEN, B., OSTERBURG, B., LÜTTICH, M., BERG, W., BERGCHMIDT, A., BRUNSCH, R. (2002): Anpassung der deutschen Methodik zur rechnerischen Emissionsermittlung an internationale Richtlinien sowie Erfassung und Prognose der Ammoniakemission der deutschen Landwirtschaft und Szenarien zu deren Minderung bis zum Jahre 2010. In: UBA-Texte 05/02, Berlin
- DÜG (2009): Düngegesetz vom 9. Januar 2009 (BGBl. I S. 54, 136)
- DÜG (2012): Düngegesetz vom 15. März 2012 (BGBl. I S. 481)
- DUNGER, V. (2006): Dokumentation des Modells BOWAM (Version 2006) zur Simulation des Wasserhaushaltes in der wasserungesättigten Bodenzone (Aerationszone), Freiberg
- DÜV – DÜNGEVERORDNUNG (2007): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV). In der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221)
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V. [Hrsg.] (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. In: DVWK-Merkblatt 238/1996, Bonn
- DWD – DEUTSCHER WETTERDIENST (2014): Deutscher Klimaatlas, Offenbach
- ECOLOGIC - INSTITUT FÜR INTERNATIONALE UND EUROPÄISCHE UMWELTPOLITIK (2005): Bodenschutz und nachwachsende Rohstoffe. Gutachten für die Kommission Bodenschutz des Umweltbundesamtes, Berlin

- FÖRSTER, F. (2013): BEFU-Version 2013. LfULG – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [Hrsg.], Dresden
- FRANKE, J., SCHREIBER, U., HAUSMANN, A., WOLF, U., BÖTTCHER, F., SCHMIDT, M. (2015): 2014 – Wetter trifft auf Klima. In: Bisherige Klimaentwicklung in Sachsen, Jahrespressegespräch 2014 zum Klimawandel, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [Hrsg.], Dresden
- FRANKO, U. [Hrsg.] (2002): Stickstoff – ein Nährstoff aus dem Gleichgewicht: Ergebnisse aus dem Workshop „N-Deposition in Agrarökosystemen“ vom 2. bis 3. Mai 2002. In: UFZ-Bericht Nr. 16/2002, Leipzig-Halle
- FRANKO, U., KOLBE, H., THIEL, E., LIEß, E. (2011): Multi-site validation of a soil organic matter model for arable fields based on generally available input data. In: GEODERMA Vol. 166 (1), S. 119-134
- GUTSER, R. (1998): Zur Problematik von Stickstoffbilanzen. In: DLG-Arbeitsunterlage „Die Düngeverordnung auf dem Prüfstand“. DLG-Kolloquium vom 03.12.1997, Kassel
- HEINITZ, F., ALBERT, E., REINICKE, F., WAGNER, B. (2010): Optimierung N-Management. In: LfULG-Schriftenreihe, Heft 25/2010, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [Hrsg.], Dresden
- HÜLSBERGEN, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme, Aachen
- HÜTTL, R. F., PRECHTEL, A., BENS, O. (2008): Humusversorgung von Böden in Deutschlands. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes, FuE-Vorhaben, Förderkennzeichen 36013008. Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, UBA-Publikationen
- IVA – INDUSTRIEVERBAND AGRAR E.V. (2014): Wichtige Zahlen: Düngemittel. Frankfurt a. M.
- KALBITZ, K., SCHWESIG, D., SCHMERWITZ, J., KAISER, K., HAUMAIER, L., GLASER, B., ELLERBROCK, R., LEINWEBER, P. (2003): Changes in properties of soil-derived dissolved organic matter induced by biodegradation. In: Soil Biology & Biochemistry, Vol. 35, S. 1129-1142
- KNOBLAUCH, S., ROTH, D., PFLEGER, I. (1999): Beziehungen zwischen N-Saldo, N_{min} im Boden, Nitratgehalt im Sickerwasser und N-Austrag bei unterschiedlichen Ackerstandorten Thüringens. BAL Gumpenstein
- KOLBE, H. (2012): Bilanzierungsmethoden und Versorgungsniveau für Humus. In: LfULG-Schriftenreihe, Heft 19/2012, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [Hrsg.], Dresden
- KOLBE, H., FRANKO, U., THIEL, E., LIEß, E. (2013): Humusproduktion und N-Umsatz. In: LfULG-Schriftenreihe, Heft 1/2013, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [Hrsg.], Dresden
- KOLBE, H., ZIMMER, J. (2015): Leitfaden zur Humusversorgung – Informationen für Praxis, Beratung und Schulung. [Hrsg.]: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden
- KUKA, K. (2005): Modellierung des Kohlenstoffhaushaltes in Ackerböden auf der Grundlage bodenstrukturabhängiger Umsatzprozesse. Dissertation Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- LEITHOLD, G., HÜLSBERGEN, K.-J., MICHEL, D., SCHÖNMEIER, H. (1997): Humusbilanzierung – Methoden und Anwendung als Agrarindikator. In: Umweltverträgliche Pflanzenproduktion – Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen, DBU, Bd. 5, S. 143-155
- LFUG – SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE [Hrsg.] (2001): Bodenmonitoring in Sachsen. In: Materialien zum Bodenschutz 2001, Dresden
- LIPPOLD, H., ALBERT, E. (2003): Atmosphärische Deposition von Stickstoff und Schwefel (nass, fest und gasförmig) auf landwirtschaftlichen Stationen Sachsens. In: VDLUFA-Schriftenreihe 58, Kongressband 2002, S. 99-101, Bonn
- REINICKE, F., WURBS, D. (2012): Nitratausträge landwirtschaftlich genutzter Flächen. In: LfULG-Schriftenreihe, Heft 40/2012, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [Hrsg.], Dresden

- RICHTER, C. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 194, Offenbach
- SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Auflage, Verlag Springer, Heidelberg
- SCHERZER, J., WRIEDT, G., SAMES, D., MÜLLER, M., HESSER, F., JASPER, K., PÖHLER, H. (2006): KliWEP - Abschätzung der Auswirkungen der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt im Einzugsgebiet der Parthe. Teil 3: Vorstudie zur Simulation der Stoffflüsse von Stickstoff und Kohlenstoff im Parthe-Einzugsgebiet, Abschlussbericht des FuE-Vorhabens Nr. 13-8802.3529/39
- SCHMIDHALTER, U., FELBER, M. (2012): Ammoniak-Verluste aus Mineraldüngern – Versuchsergebnisse auf mitteleuropäischen Standorten. N-Effizienz im Spannungsfeld. Wissenschaftliche Tagung LEUCOREA Lutherstadt Wittenberg, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Tagungsband S. 63-67
- SEIBT, P. (2007): Anwendung einer neuen standortabhängigen Methode zur Humusbilanzierung an sächsischen Dauertestflächen und Vergleich mit anderen üblichen Methoden zur Feststellung des Versorgungsgrades mit organischer Substanz im Hinblick auf Sicherung der Nachhaltigkeit der Betriebe im konventionellen und ökologischen Landbau. Diplomarbeit – TU Dresden, Institut für Bodenkunde und Standortlehre, Dresden
- SLFL – SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT [Hrsg.] (2007): Umsetzung der Düngeverordnung – Hinweise und Richtwerte für die Praxis, Dresden
- TLL – THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT [Hrsg.] (2013): Kooperation Lysimeter – Wirkung landwirtschaftlicher Nutzung auf die N-Auswaschung anhand langjähriger Lysimetermessungen in Mittel- und Nordostdeutschland für die Minimierung der N-Befruchtung der Gewässer, Jena
- VDLUFA – VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN (2004): Standpunkt „Humusbilanzierung – Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland“, Bonn
- WENDLAND, F. (1992): Die Nitratbelastung in den Grundwasserlandschaften der „alten“ Bundesländer (BRD). In: Berichte aus der ökologischen Forschung, Bd. 8 – Forschungszentrum Jülich GmbH [Hrsg.], Jülich

Anlagen

Anlage 1: Beispiel Datenblatt (BDF 1 – Zyklus 3 / 2012)



Anlage 2: Probeliste Zyklus 1 / 2012, 2013, 2014

BDF Nr.	Probenahme Datum	Horizont	WG	Biomasse			C _{org} /N _t			SW-Inhaltsstoffe		
1	20.03.12	AP	3	P01	E1003	12	P01	E1003	12	P01	E1003	12
		Unterboden	4							P01	E1004	12
2	19.04.12	AP	5	P02	E1005	12	P02	E1005	12	P02	E1005	12
		Unterboden	6							P02	E1006	12
3	20.03.12	AP	7	P03	E1007	12	P03	E1007	12	P03	E1007	12
		Unterboden	8							P03	E1008	12
4	21.03.12	AP	9	P04	E1009	12	P04	E1009	12	P04	E1009	12
		Unterboden	10							P04	E1010	12
5	19.03.12	AP	11	P05	E1011	12	P05	E1011	12	P05	E1011	12
		Unterboden	12							P05	E1012	12
6	23.03.12	AP	13	P06	E1013	12	P06	E1013	12	P06	E1013	12
		Unterboden	14							P06	E1014	12
7	25.04.12	AP	15	P07	E1015	12	P07	E1015	12	P07	E1015	12
		Unterboden	16							P07	E1016	12
8	19.03.12	AP	17	P08	E1017	12	P08	E1017	12	P08	E1017	12
		Unterboden	18							P08	E1018	12
9	21.03.12	AP	19	P09	E1019	12	P09	E1019	12	P09	E1019	12
		Unterboden	20							P09	E1020	12
10	22.03.12	AP	21	P10	E1021	12	P10	E1021	12	P10	E1021	12
		Unterboden	22							P10	E1022	12
11	22.03.12	AP	23	P11	E1023	12	P11	E1023	12	P11	E1023	12
		Unterboden	24							P11	E1024	12
12	26.03.12	AP	25	P12	E1025	12	P12	E1025	12	P12	E1025	12
		Unterboden	26							P12	E1026	12
13	26.03.12	AP	27	P13	E1027	12	P13	E1027	12	P13	E1027	12
		Unterboden	28							P13	E1028	12
14	22.03.12	AP	29	P14	E1029	12	P14	E1029	12	P14	E1029	12
		Unterboden	30							P14	E1030	12
15	27.03.12	AP	31	P15	E1031	12	P15	E1031	12	P15	E1031	12
		Unterboden	32							P15	E1032	12
16	27.03.12	AP	33	P16	E1033	12	P16	E1033	12	P16	E1033	12
		Unterboden	34							P16	E1034	12
18	19.03.12	AP	35	P18	E1035	12	P18	E1035	12	P18	E1035	12
		Unterboden	36							P18	E1036	12
19	28.03.12	AP	37	P19	E1037	12	P19	E1037	12	P19	E1037	12
		Unterboden	38							P19	E1038	12
20	28.03.12	AP	39	P20	E1039	12	P20	E1039	12	P20	E1039	12
		Unterboden	40							P20	E1040	12
21	27.03.12	AP	41	P21	E1041	12	P21	E1041	12	P21	E1041	12
		Unterboden	42							P21	E1042	12
22	23.03.12	AP	43	P22	E1043	12	P22	E1043	12	P22	E1043	12
		Unterboden	44							P22	E1044	12
23	11.04.12	AP	45	P23	E1045	12	P23	E1045	12	P23	E1045	12
		Unterboden	46							P23	E1046	12
24	15.03.12	AP	1	P24	E1001	12	P24	E1001	12	P24	E1001	12
		Unterboden	2							P24	E1002	12
25	29.03.12	AP	47	P25	E1047	12	P25	E1047	12	P25	E1047	12
		Unterboden	48							P25	E1048	12
26	29.03.12	AP	49	P26	E1049	12	P26	E1049	12	P26	E1049	12
		Unterboden	50							P26	E1050	12
27	27.04.12	AP	51	P27	E1051	12	P27	E1051	12	P27	E1051	12
		Unterboden	52							P27	E1052	12
28	29.03.12	AP	53	P28	E1053	12	P28	E1053	12	P28	E1053	12
		Unterboden	54							P28	E1054	12

29	30.03.12	AP	55	P29	E1055	12	P29	E1055	12	P29	E1055	12
		Unterboden	56							P29	E1056	12
30	03.05.12	AP	57	P30	E1057	12	P30	E1057	12	P30	E1057	12
		Unterboden	58							P30	E1058	12
31	03.04.12	AP	59	P31	E1059	12	P31	E1059	12	P31	E1059	12
		Unterboden	60							P31	E1060	12
32	04.05.12	AP	61	P32	E1061	12	P32	E1061	12	P32	E1061	12
		Unterboden	62							P32	E1062	12
33	03.05.12	AP	63	P33	E1063	12	P33	E1063	12	P33	E1063	12
		Unterboden	64							P33	E1064	12
34	30.03.12	AP	65	P34	E1065	12	P34	E1065	12	P34	E1065	12
		Unterboden	66							P34	E1066	12
35	30.03.12	AP	67	P35	E1067	12	P35	E1067	12	P35	E1067	12
		Unterboden	68							P35	E1068	12
36		AP	69	P36	E1069	12	P36	E1069	12	P36	E1069	12
		Unterboden	70							P36	E1070	12
37	16.04.12	AP	71	P37	E1071	12	P37	E1071	12	P37	E1071	12
		Unterboden	72							P37	E1072	12
38	04.05.12	AP	73	P38	E1073	12	P38	E1073	12	P38	E1073	12
		Unterboden	74							P38	E1074	12
39	04.05.12	AP	75	P39	E1075	12	P39	E1075	12	P39	E1075	12
		Unterboden	76							P39	E1076	12
40	28.03.12	AP	77	P40	E1077	12	P40	E1077	12	P40	E1077	12
		Unterboden	78							P40	E1078	12
41	02.04.12	AP	79	P41	E1079	12	P41	E1079	12	P41	E1079	12
		Unterboden	80							P41	E1080	12
42	03.04.12	AP	81	P42	E1081	12	P42	E1081	12	P42	E1081	12
		Unterboden	82							P42	E1082	12
43	26.04.12	AP	83	P43	E1083	12	P43	E1083	12	P43	E1083	12
		Unterboden	84							P43	E1084	12
44	02.04.12	AP	85	P44	E1085	12	P44	E1085	12	P44	E1085	12
		Unterboden	86							P44	E1086	12
45	02.04.12	AP	87	P45	E1087	12	P45	E1087	12	P45	E1087	12
		Unterboden	88							P45	E1088	12
46	18.04.12	AP	89	P46	E1089	12	P46	E1089	12	P46	E1089	12
		Unterboden	90							P46	E1090	12
47	17.04.12	AP	91	P47	E1091	12	P47	E1091	12	P47	E1091	12
		Unterboden	92							P47	E1092	12
48	17.04.12	AP	93	P48	E1093	12	P48	E1093	12	P48	E1093	12
		Unterboden	94							P48	E1094	12
49	16.04.12	AP	95	P49	E1095	12	P49	E1095	12	P49	E1095	12
		Unterboden	96							P49	E1096	12
50	08.05.12	AP	97	P50	E1097	12	P50	E1097	12	P50	E1097	12
		Unterboden	98							P50	E1098	12
51	18.04.12	AP	99	P51	E1099	12	P51	E1099	12	P51	E1099	12
		Unterboden	100							P51	E1100	12
52	08.05.12	AP	101	P52	E1101	12	P52	E1101	12	P52	E1101	12
		Unterboden	102							P52	E1102	12
53	18.04.12	AP	103	P53	E1103	12	P53	E1103	12	P53	E1103	12
		Unterboden	104							P53	E1104	12
54	17.04.12	AP	105	P54	E1105	12	P54	E1105	12	P54	E1105	12
		Unterboden	106							P54	E1106	12
55	04.05.12	AP	107	P55	E1107	12	P55	E1107	12	P55	E1107	12
		Unterboden	108							P55	E1108	12
56	08.05.12	AP	109	P56	E1109	12	P56	E1109	12	P56	E1109	12
		Unterboden	110							P56	E1110	12

BDF Nr.	Probenahme Datum	Horizont	WG	Biomasse			C _{org} /N _t			SW-Inhaltsstoffe		
1	29.04.13	AP	1	P01	E1001	13	P01	E1001	13	P01	E1001	13
		Unterboden	2							P01	E1002	13
2	24.04.13	AP	3	P02	E1003	13	P02	E1003	13	P02	E1003	13
		Unterboden	4							P02	E1004	13
3	29.04.13	AP	5	P03	E1005	13	P03	E1005	13	P03	E1005	13
		Unterboden	6							P03	E1006	13
4	30.04.13	AP	7	P04	E1007	13	P04	E1007	13	P04	E1007	13
		Unterboden	8							P04	E1008	13
5	23.04.13	AP	9	P05	E1009	13	P05	E1009	13	P05	E1009	13
		Unterboden	10							P05	E1010	13
6	22.04.13	AP	11	P06	E1011	13	P06	E1011	13	P06	E1011	13
		Unterboden	12							P06	E1012	13
7	24.04.13	AP	13	P07	E1013	13	P07	E1013	13	P07	E1013	13
		Unterboden	14							P07	E1014	13
8	23.04.13	AP	15	P08	E1015	13	P08	E1015	13	P08	E1015	13
		Unterboden	16							P08	E1016	13
9	25.04.13	AP	17	P09	E1017	13	P09	E1017	13	P09	E1017	13
		Unterboden	18							P09	E1018	13
10	25.04.13	AP	19	P10	E1019	13	P10	E1019	13	P10	E1019	13
		Unterboden	20							P10	E1020	13
11	30.04.13	AP	21	P11	E1021	13	P11	E1021	13	P11	E1021	13
		Unterboden	22							P11	E1022	13
12	07.05.13	AP	23	P12	E1023	13	P12	E1023	13	P12	E1023	13
		Unterboden	24							P12	E1024	13
13	03.05.13	AP	25	P13	E1025	13	P13	E1025	13	P13	E1025	13
		Unterboden	26							P13	E1026	13
14	07.05.13	AP	27	P14	E1027	13	P14	E1027	13	P14	E1027	13
		Unterboden	28							P14	E1028	13
15	15.05.13	AP	29	P15	E1029	13	P15	E1029	13	P15	E1029	13
		Unterboden	30							P15	E1030	13
16	15.05.13	AP	31	P16	E1031	13	P16	E1031	13	P16	E1031	13
		Unterboden	32							P16	E1032	13
18	24.04.13	AP	33	P18	E1033	13	P18	E1033	13	P18	E1033	13
		Unterboden	34							P18	E1034	13
19	13.05.13	AP	35	P19	E1035	13	P19	E1035	13	P19	E1035	13
		Unterboden	36							P19	E1036	13
20	13.05.13	AP	37	P20	E1037	13	P20	E1037	13	P20	E1037	13
		Unterboden	38							P20	E1038	13
21	08.05.13	AP	39	P21	E1039	13	P21	E1039	13	P21	E1039	13
		Unterboden	40							P21	E1040	13
22	22.04.13	AP	41	P22	E1041	13	P22	E1041	13	P22	E1041	13
		Unterboden	42							P22	E1042	13
23	29.04.13	AP	43	P23	E1043	13	P23	E1043	13	P23	E1043	13
		Unterboden	44							P23	E1044	13
24	24.04.13	AP	45	P24	E1045	13	P24	E1045	13	P24	E1045	13
		Unterboden	46							P24	E1046	13
25	25.04.13	AP	47	P25	E1047	13	P25	E1047	13	P25	E1047	13
		Unterboden	48							P25	E1048	13
26	25.04.13	AP	49	P26	E1049	13	P26	E1049	13	P26	E1049	13
		Unterboden	50							P26	E1050	13
27	19.04.13	AP	51	P27	E1051	13	P27	E1051	13	P27	E1051	13
		Unterboden	52							P27	E1052	13
28	22.04.13	AP	53	P28	E1053	13	P28	E1053	13	P28	E1053	13
		Unterboden	54							P28	E1054	13
29	22.04.13	AP	55	P29	E1055	13	P29	E1055	13	P29	E1055	13
		Unterboden	56							P29	E1056	13
30	24.04.13	AP	57	P30	E1057	13	P30	E1057	13	P30	E1057	13

		Unterboden	58							P30	E1058	13
31	10.05.13	AP	59	P31	E1059	13	P31	E1059	13	P31	E1059	13
		Unterboden	60							P31	E1060	13
32	06.05.13	AP	61	P32	E1061	13	P32	E1061	13	P32	E1061	13
		Unterboden	62							P32	E1062	13
33	22.04.13	AP	63	P33	E1063	13	P33	E1063	13	P33	E1063	13
		Unterboden	64							P33	E1064	13
34	14.05.13	AP	65	P34	E1065	13	P34	E1065	13	P34	E1065	13
		Unterboden	66							P34	E1066	13
35	29.04.13	AP	67	P35	E1067	13	P35	E1067	13	P35	E1067	13
		Unterboden	68							P35	E1068	13
36	02.05.13	AP	69	P36	E1069	13	P36	E1069	13	P36	E1069	13
		Unterboden	70							P36	E1070	13
37	02.05.13	AP	71	P37	E1071	13	P37	E1071	13	P37	E1071	13
		Unterboden	72							P37	E1072	13
38	06.05.13	AP	73	P38	E1073	13	P38	E1073	13	P38	E1073	13
		Unterboden	74							P38	E1074	13
39	06.05.13	AP	75	P39	E1075	13	P39	E1075	13	P39	E1075	13
		Unterboden	76							P39	E1076	13
40	08.05.13	AP	77	P40	E1077	13	P40	E1077	13	P40	E1077	13
		Unterboden	78							P40	E1078	13
41	29.05.13	AP	79	P41	E1079	13	P41	E1079	13	P41	E1079	13
		Unterboden	80							P41	E1080	13
42	23.04.13	AP	81	P42	E1081	13	P42	E1081	13	P42	E1081	13
		Unterboden	82							P42	E1082	13
43	29.04.13	AP	83	P43	E1083	13	P43	E1083	13	P43	E1083	13
		Unterboden	84							P43	E1084	13
44	29.05.13	AP	85	P44	E1085	13	P44	E1085	13	P44	E1085	13
		Unterboden	86							P44	E1086	13
45	14.05.13	AP	87	P45	E1087	13	P45	E1087	13	P45	E1087	13
		Unterboden	88							P45	E1088	13
46	14.05.13	AP	89	P46	E1089	13	P46	E1089	13	P46	E1089	13
		Unterboden	90							P46	E1090	13
47	31.05.13	AP	91	P47	E1091	13	P47	E1091	13	P47	E1091	13
		Unterboden	92							P47	E1092	13
48	29.04.13	AP	93	P48	E1093	13	P48	E1093	13	P48	E1093	13
		Unterboden	94							P48	E1094	13
49		AP	95	P49	E1095	13	P49	E1095	13	P49	E1095	13
		Unterboden	96							P49	E1096	13
50	23.05.13	AP	97	P50	E1097	13	P50	E1097	13	P50	E1097	13
		Unterboden	98							P50	E1098	13
51	23.05.13	AP	99	P51	E1099	13	P51	E1099	13	P51	E1099	13
		Unterboden	100							P51	E1100	13
52	21.05.13	AP	101	P52	E1101	13	P52	E1101	13	P52	E1101	13
		Unterboden	102							P52	E1102	13
53	29.04.13	AP	103	P53	E1103	13	P53	E1103	13	P53	E1103	13
		Unterboden	104							P53	E1104	13
54	30.05.13	AP	105	P54	E1105	13	P54	E1105	13	P54	E1105	13
		Unterboden	106							P54	E1106	13
55	23.04.13	AP	107	P55	E1107	13	P55	E1107	13	P55	E1107	13
		Unterboden	108							P55	E1108	13
56	21.05.13	AP	109	P56	E1109	13	P56	E1109	13	P56	E1109	13
		Unterboden	110							P56	E1110	13

BDF Nr.	Probenahme Datum	Horizont	WG	Biomasse			C _{org} /N _t			SW-Inhaltsstoffe		
1	17.03.14	AP	1	P01	E1001	14	P01	E1001	14	P01	E1001	13
		Unterboden	2							P01	E1002	13
2	07.03.14	AP	3	P02	E1003	14	P02	E1003	14	P02	E1003	13
		Unterboden	4							P02	E1004	13
3	17.03.14	AP	5	P03	E1005	14	P03	E1005	14	P03	E1005	13
		Unterboden	6							P03	E1006	13
4	20.03.14	AP	7	P04	E1007	14	P04	E1007	14	P04	E1007	13
		Unterboden	8							P04	E1008	13
5	26.03.14	AP	9	P05	E1009	14	P05	E1009	14	P05	E1009	13
		Unterboden	10							P05	E1010	13
6	18.03.14	AP	11	P06	E1011	14	P06	E1011	14	P06	E1011	13
		Unterboden	12							P06	E1012	13
7	19.03.14	AP	13	P07	E1013	14	P07	E1013	14	P07	E1013	13
		Unterboden	14							P07	E1014	13
8	26.03.14	AP	15	P08	E1015	14	P08	E1015	14	P08	E1015	13
		Unterboden	16							P08	E1016	13
9	26.03.14	AP	17	P09	E1017	14	P09	E1017	14	P09	E1017	13
		Unterboden	18							P09	E1018	13
10	26.03.14	AP	19	P10	E1019	14	P10	E1019	14	P10	E1019	13
		Unterboden	20							P10	E1020	13
11	12.03.14	AP	21	P11	E1021	14	P11	E1021	14	P11	E1021	13
		Unterboden	22							P11	E1022	13
12	19.03.14	AP	23	P12	E1023	14	P12	E1023	14	P12	E1023	13
		Unterboden	24							P12	E1024	13
13	13.03.14	AP	25	P13	E1025	14	P13	E1025	14	P13	E1025	13
		Unterboden	26							P13	E1026	13
14	13.03.14	AP	27	P14	E1027	14	P14	E1027	14	P14	E1027	13
		Unterboden	28							P14	E1028	13
15	17.03.14	AP	29	P15	E1029	14	P15	E1029	14	P15	E1029	13
		Unterboden	30							P15	E1030	13
16	17.03.14	AP	31	P16	E1031	14	P16	E1031	14	P16	E1031	13
		Unterboden	32							P16	E1032	13
18	20.03.14	AP	33	P18	E1033	14	P18	E1033	14	P18	E1033	13
		Unterboden	34							P18	E1034	13
19	13.03.14	AP	35	P19	E1035	14	P19	E1035	14	P19	E1035	13
		Unterboden	36							P19	E1036	13
20	13.03.14	AP	37	P20	E1037	14	P20	E1037	14	P20	E1037	13
		Unterboden	38							P20	E1038	13
21	18.03.14	AP	39	P21	E1039	14	P21	E1039	14	P21	E1039	13
		Unterboden	40							P21	E1040	13
22	18.03.14	AP	41	P22	E1041	14	P22	E1041	14	P22	E1041	13
		Unterboden	42							P22	E1042	13
23	05.03.14	AP	43	P23	E1043	14	P23	E1043	14	P23	E1043	13
		Unterboden	44							P23	E1044	13
24	12.03.14	AP	45	P24	E1045	14	P24	E1045	14	P24	E1045	13
		Unterboden	46							P24	E1046	13
25	03.03.14	AP	47	P25	E1047	14	P25	E1047	14	P25	E1047	13
		Unterboden	48							P25	E1048	13
26	05.03.14	AP	49	P26	E1049	14	P26	E1049	14	P26	E1049	13
		Unterboden	50							P26	E1050	13
27	14.03.14	AP	51	P27	E1051	14	P27	E1051	14	P27	E1051	13
		Unterboden	52							P27	E1052	13
28	04.03.14	AP	53	P28	E1053	14	P28	E1053	14	P28	E1053	13
		Unterboden	54							P28	E1054	13
29	24.03.14	AP	55	P29	E1055	14	P29	E1055	14	P29	E1055	13
		Unterboden	56							P29	E1056	13
30	05.03.14	AP	57	P30	E1057	14	P30	E1057	14	P30	E1057	13

		Unterboden	58							P30	E1058	13
31	12.03.14	AP	59	P31	E1059	14	P31	E1059	14	P31	E1059	13
		Unterboden	60							P31	E1060	13
32	19.03.14	AP	61	P32	E1061	14	P32	E1061	14	P32	E1061	13
		Unterboden	62							P32	E1062	13
33	04.03.14	AP	63	P33	E1063	14	P33	E1063	14	P33	E1063	13
		Unterboden	64							P33	E1064	13
34	24.03.14	AP	65	P34	E1065	14	P34	E1065	14	P34	E1065	13
		Unterboden	66							P34	E1066	13
35	24.03.14	AP	67	P35	E1067	14	P35	E1067	14	P35	E1067	13
		Unterboden	68							P35	E1068	13
36	27.03.14	AP	69	P36	E1069	14	P36	E1069	14	P36	E1069	13
		Unterboden	70							P36	E1070	13
37	21.03.14	AP	71	P37	E1071	14	P37	E1071	14	P37	E1071	13
		Unterboden	72							P37	E1072	13
38	06.03.14	AP	73	P38	E1073	14	P38	E1073	14	P38	E1073	13
		Unterboden	74							P38	E1074	13
39	06.03.14	AP	75	P39	E1075	14	P39	E1075	14	P39	E1075	13
		Unterboden	76							P39	E1076	13
40	18.03.14	AP	77	P40	E1077	14	P40	E1077	14	P40	E1077	13
		Unterboden	78							P40	E1078	13
41	20.03.14	AP	79	P41	E1079	14	P41	E1079	14	P41	E1079	13
		Unterboden	80							P41	E1080	13
42	12.03.14	AP	81	P42	E1081	14	P42	E1081	14	P42	E1081	13
		Unterboden	82							P42	E1082	13
43	07.03.14	AP	83	P43	E1083	14	P43	E1083	14	P43	E1083	13
		Unterboden	84							P43	E1084	13
44	20.03.14	AP	85	P44	E1085	14	P44	E1085	14	P44	E1085	13
		Unterboden	86							P44	E1086	13
45	06.03.14	AP	87	P45	E1087	14	P45	E1087	14	P45	E1087	13
		Unterboden	88							P45	E1088	13
46	24.03.14	AP	89	P46	E1089	14	P46	E1089	14	P46	E1089	13
		Unterboden	90							P46	E1090	13
47	04.03.14	AP	91	P47	E1091	14	P47	E1091	14	P47	E1091	13
		Unterboden	92							P47	E1092	13
48	04.03.14	AP	93	P48	E1093	14	P48	E1093	14	P48	E1093	13
		Unterboden	94							P48	E1094	13
50	11.03.14	AP	97	P50	E1097	14	P50	E1097	14	P50	E1097	13
		Unterboden	98							P50	E1098	13
51	10.03.14	AP	99	P51	E1099	14	P51	E1099	14	P51	E1099	13
		Unterboden	100							P51	E1100	13
52	11.03.14	AP	101	P52	E1101	14	P52	E1101	14	P52	E1101	13
		Unterboden	102							P52	E1102	13
53	10.03.14	AP	103	P53	E1103	14	P53	E1103	14	P53	E1103	13
		Unterboden	104							P53	E1104	13
54	05.03.14	AP	105	P54	E1105	14	P54	E1105	14	P54	E1105	13
		Unterboden	106							P54	E1106	13
55	03.03.14	AP	107	P55	E1107	14	P55	E1107	14	P55	E1107	13
		Unterboden	108							P55	E1108	13
56	10.03.14	AP	109	P56	E1109	14	P56	E1109	14	P56	E1109	13
		Unterboden	110							P56	E1110	13
57	21.03.14	AP	109	P57	E1111	14	P57	E1111	14	P57	E1111	13
		Unterboden	110							P57	E1112	13

Anlage 3: Probeliste Zyklus 2 / 2012, 2013, 2014

BDF Nr.	Probenahme Datum	Horizont	WG	Pflanzeninhaltsstoffe (Frucht + Restpflanze)			SW-Inhaltsstoffe		
1	13.09.12	AP	111	P01	E2111 F	12	P01	E2111	12
		Unterboden	112		E2112 R	12	P01	E2112	12
2	02.07.12	AP	113	P02	E2113 F	12	P02	E2113	12
		Unterboden	114		E2114 R	12	P02	E2114	12
3	16.07.12	AP	115	P03	E2115 F	12	P03	E2115	12
		Unterboden	116		E2116 R	12	P03	E2116	12
4	06.06.12	AP	117	P04	E2117 F	12	P04	E2117	12
		Unterboden	118		E2118 R	12	P04	E2118	12
5	18.09.12	AP	119	P05	E2119 F	12	P05	E2119	12
		Unterboden	120		E2120 R	12	P05	E2120	12
6	16.07.12	AP	121	P06	E2121 F	12	P06	E2121	12
		Unterboden	122		E2122 R	12	P06	E2122	12
7	27.06.12	AP	123	P07	E2123 F	12	P07	E2123	12
		Unterboden	124		E2124 R	12	P07	E2124	12
8	09.07.12	AP	125	P08	E2125 F	12	P08	E2125	12
		Unterboden	126		E2128 R	12	P08	E2126	12
9	10.07.12	AP	127	P09	E2127 F	12	P09	E2127	12
		Unterboden	128		E2128 R	12	P09	E2128	12
10	10.07.12	AP	129	P10	E2129 F	12	P10	E2129	12
		Unterboden	130		E2130 R	12	P10	E2130	12
11	10.07.12	AP	131	P11	E2131 F	12	P11	E2131	12
		Unterboden	132		E2132 R	12	P11	E2132	12
12	17.07.12	AP	133	P12	E2133 F	12	P12	E2133	12
		Unterboden	134		E2134 R	12	P12	E2134	12
13	26.06.12	AP	135	P13	E2135 F	12	P13	E2135	12
		Unterboden	136		E2136 R	12	P13	E2136	12
14	26.07.12	AP	137	P14	E2137 F	12	P14	E2137	12
		Unterboden	138		E2138 R	12	P14	E2138	12
15	19.07.12	AP	139	P15	E2139 F	12	P15	E2139	12
		Unterboden	140		E2140 R	12	P15	E2140	12
16	13.07.12	AP	141	P16	E2141 F	12	P16	E2141	12
		Unterboden	142		E2142 R	12	P16	E2142	12
18	23.07.12	AP	143	P18	E2143 F	12	P18	E2143	12
		Unterboden	144		E2144 R	12	P18	E2144	12
19	26.07.12	AP	145	P19	E2145 F	12	P19	E2145	12
		Unterboden	146		E2148 R	12	P19	E2146	12
20	11.09.12	AP	147	P20	E2147 F	12	P20	E2147	12
		Unterboden	148		E2148 R	12	P20	E2148	12
21	13.07.12	AP	149	P21	E2149 F	12	P21	E2149	12
		Unterboden	150		E2150 R	12	P21	E2150	12
22	16.07.12	AP	151	P22	E2151 F	12	P22	E2151	12
		Unterboden	152		E2152 R	12	P22	E2152	12
23	08.08.12	AP	153	P23	E2153 F	12	P23	E2153	12
		Unterboden	154		E2156 R	12	P23	E2154	12
24	10.09.12	AP	155	P24	E2155 F	12	P24	E2155	12
		Unterboden	156		E2158 R	12	P24	E2156	12
25	11.07.12	AP	157	P25	E2157 F	12	P25	E2157	12
		Unterboden	158		E2158 R	12	P25	E2158	12
26	15.06.12	AP	159	P26	E2159 F	12	P26	E2159	12
		Unterboden	160		E2160 R	12	P26	E2160	12
27	28.06.12	AP	161	P27	E2161 F	12	P27	E2161	12
		Unterboden	162		E2162 R	12	P27	E2162	12
28	23.07.12	AP	163	P28	E2163 F	12	P28	E2163	12
		Unterboden	164		E2164 R	12	P28	E2164	12

29	12.09.12	AP	165	P29	E2165 F	12	P29	E2165	12
		Unterboden	166		E2166 R	12	P29	E2166	12
30	11.07.12	AP	167	P30	E2167 F	12	P30	E2167	12
		Unterboden	168		E2168 R	12	P30	E2168	12
31	07.08.12	AP	169	P31	E2169 F	12	P31	E2169	12
		Unterboden	170		E2170 R	12	P31	E2170	12
32	25.07.12	AP	171	P32	E2171 F	12	P32	E2171	12
		Unterboden	172		E2172 R	12	P32	E2172	12
33	09.07.12	AP	173	P33	E2173 F	12	P33	E2173	12
		Unterboden	174		E2174 R	12	P33	E2174	12
34	24.07.12	AP	175	P34	E2175 F	12	P34	E2175	12
		Unterboden	176		E2176 R	12	P34	E2176	12
35	01.08.12	AP	177	P35	E2177 F	12	P35	E2177	12
		Unterboden	178		E2178 R	12	P35	E2178	12
36	10.09.12	AP	179	P36	E2179 F	12	P36	E2179	12
		Unterboden	180		E2180 R	12	P36	E2180	12
37	12.06.12	AP	181	P37	E2181 F	12	P37	E2181	12
		Unterboden	182		E2182 R	12	P37	E2182	12
38	12.07.12	AP	183	P38	E2183 F	12	P38	E2183	12
		Unterboden	184		E2184 R	12	P38	E2184	12
39	25.07.12	AP	185	P39	E2185 F	12	P39	E2185	12
		Unterboden	186		E2186 R	12	P39	E2186	12
40	19.07.12	AP	187	P40	E2187 F	12	P40	E2187	12
		Unterboden	188		E2188 R	12	P40	E2188	12
41	24.07.12	AP	189	P41	E2189 F	12	P41	E2189	12
		Unterboden	190		E2190 R	12	P41	E2190	12
42	18.07.12	AP	191	P42	E2191 F	12	P42	E2191	12
		Unterboden	192		E2192 R	12	P42	E2192	12
43	18.07.12	AP	193	P43	E2193 F	12	P43	E2193	12
		Unterboden	194		E2194 R	12	P43	E2194	12
44	24.07.12	AP	195	P44	E2195 F	12	P44	E2195	12
		Unterboden	196		E2196 R	12	P44	E2196	12
45	02.08.12	AP	197	P45	E2197 F	12	P45	E2197	12
		Unterboden	198		E2198 R	12	P45	E2198	12
46	04.07.12	AP	199	P46	E2199 F	12	P46	E2199	12
		Unterboden	200		E2200 R	12	P46	E2200	12
47	11.07.12	AP	201	P47	E2201 F	12	P47	E2201	12
		Unterboden	202		E2202 R	12	P47	E2202	12
48	09.08.12	AP	203	P48	E2203 F	12	P48	E2203	12
		Unterboden	204		E2204 R	12	P48	E2204	12
49	28.06.12	AP	205	P49	E2205 F	12	P49	E2205	12
		Unterboden	206		E2206 R	12	P49	E2206	12
50	14.08.12	AP	207	P50	E2207 F	12	P50	E2207	12
		Unterboden	208		E2208 R	12	P50	E2208	12
51	31.07.12	AP	209	P51	E2209 F	12	P51	E2209	12
		Unterboden	210		E2210 R	12	P51	E2210	12
52	14.09.12	AP	211	P52	E2211 F	12	P52	E2211	12
		Unterboden	212		E2212 R	12	P52	E2212	12
53	21.08.12	AP	213	P53	E2213 F	12	P53	E2213	12
		Unterboden	214		E2214 R	12	P53	E2214	12
54	27.07.12	AP	215	P54	E2215 F	12	P54	E2215	12
		Unterboden	216		E2216 R	12	P54	E2216	12
55	27.07.12	AP	217	P55	E2217 F	12	P55	E2217	12
		Unterboden	218		E2218 R	12	P55	E2218	12
56	31.07.12	AP	219	P56	E2219 F	12	P56	E2219	12
		Unterboden	220		E2220 R	12	P56	E2220	12

BDF Nr.	Probenahme Datum	Horizont	WG	Pflanzeninhaltsstoffe (Frucht + Restpflanze)			SW-Inhaltsstoffe		
1	15.07.13	AP	111	P01	E2111 F	13	P01	E2111	13
		Unterboden	112		E2112 R	13	P01	E2112	13
2	15.07.13	AP	113	P02	E2113 F	13	P02	E2113	13
		Unterboden	114		E2114 R	13	P02	E2114	13
3	08.07.13	AP	115	P03	E2115 F	13	P03	E2115	13
		Unterboden	116		E2116 R	13	P03	E2116	13
4	04.07.13	AP	117	P04	E2117 F	13	P04	E2117	13
		Unterboden	118		E2118 R	13	P04	E2118	13
5	31.07.13	AP	119	P05	E2119 F	13	P05	E2119	13
		Unterboden	120		E2120 R	13	P05	E2120	13
6	09.07.13	AP	121	P06	E2121 F	13	P06	E2121	13
		Unterboden	122		E2122 R	13	P06	E2122	13
7	15.07.13	AP	123	P07	E2123 F	13	P07	E2123	13
		Unterboden	124		E2124 R	13	P07	E2124	13
8	23.9.13	AP	125	P08	E2125 F	13	P08	E2125	13
		Unterboden	126		E2128 R	13	P08	E2126	13
9	04.07.13	AP	127	P09	E2127 F	13	P09	E2127	13
		Unterboden	128		E2128 R	13	P09	E2128	13
10	25.07.13	AP	129	P10	E2129 F	13	P10	E2129	13
		Unterboden	130		E2130 R	13	P10	E2130	13
11	15.08.13	AP	131	P11	E2131 F	13	P11	E2131	13
		Unterboden	132		E2132 R	13	P11	E2132	13
12	23.07.13	AP	133	P12	E2133 F	13	P12	E2133	13
		Unterboden	134		E2134 R	13	P12	E2134	13
13	23.07.13	AP	135	P13	E2135 F	13	P13	E2135	13
		Unterboden	136		E2136 R	13	P13	E2136	13
14	11.07.13	AP	137	P14	E2137 F	13	P14	E2137	13
		Unterboden	138		E2138 R	13	P14	E2138	13
15	11.09.13	AP	139	P15	E2139 F	13	P15	E2139	13
		Unterboden	140		E2140 R	13	P15	E2140	13
16	24.07.13	AP	141	P16	E2141 F	13	P16	E2141	13
		Unterboden	142		E2142 R	13	P16	E2142	13
18	23.09.13	AP	143	P18	E2143 F	13	P18	E2143	13
		Unterboden	144		E2144 R	13	P18	E2144	13
19	26.09.13	AP	145	P19	E2145 F	13	P19	E2145	13
		Unterboden	146		E2148 R	13	P19	E2146	13
20	11.07.13	AP	147	P20	E2147 F	13	P20	E2147	13
		Unterboden	148		E2148 R	13	P20	E2148	13
21	23.07.13	AP	149	P21	E2149 F	13	P21	E2149	13
		Unterboden	150		E2150 R	13	P21	E2150	13
22	31.07.13	AP	151	P22	E2151 F	13	P22	E2151	13
		Unterboden	152		E2152 R	13	P22	E2152	13
23	13.08.13	AP	153	P23	E2153 F	13	P23	E2153	13
		Unterboden	154		E2156 R	13	P23	E2154	13
24	07.08.13	AP	155	P24	E2155 F	13	P24	E2155	13
		Unterboden	156		E2158 R	13	P24	E2156	13
25	24.07.13	AP	157	P25	E2157 F	13	P25	E2157	13
		Unterboden	158		E2158 R	13	P25	E2158	13
26	19.07.13	AP	159	P26	E2159 F	13	P26	E2159	13
		Unterboden	160		E2160 R	13	P26	E2160	13
27	17.07.13	AP	161	P27	E2161 F	13	P27	E2161	13
		Unterboden	162		E2162 R	13	P27	E2162	13
28	16.07.13	AP	163	P28	E2163 F	13	P28	E2163	13
		Unterboden	164		E2164 R	13	P28	E2164	13
29	07.08.13	AP	165	P29	E2165 F	13	P29	E2165	13
		Unterboden	166		E2166 R	13	P29	E2166	13

30	17.07.13	AP	167	P30	E2167 F	13	P30	E2167	13
		Unterboden	168		E2168 R	13	P30	E2168	13
31	19.07.13	AP	169	P31	E2169 F	13	P31	E2169	13
		Unterboden	170		E2170 R	13	P31	E2170	13
32	02.08.13	AP	171	P32	E2171 F	13	P32	E2171	13
		Unterboden	172		E2172 R	13	P32	E2172	13
33	15.07.13	AP	173	P33	E2173 F	13	P33	E2173	13
		Unterboden	174		E2174 R	13	P33	E2174	13
34	31.07.13	AP	175	P34	E2175 F	13	P34	E2175	13
		Unterboden	176		E2176 R	13	P34	E2176	13
35	24.07.13	AP	177	P35	E2177 F	13	P35	E2177	13
		Unterboden	178		E2178 R	13	P35	E2178	13
36	30.07.13	AP	179	P36	E2179 F	13	P36	E2179	13
		Unterboden	180		E2180 R	13	P36	E2180	13
37	15.08.13	AP	181	P37	E2181 F	13	P37	E2181	13
		Unterboden	182		E2182 R	13	P37	E2182	13
38	26.07.13	AP	183	P38	E2183 F	13	P38	E2183	13
		Unterboden	184		E2184 R	13	P38	E2184	13
39	26.9.13	AP	185	P39	E2185 F	13	P39	E2185	13
		Unterboden	186		E2186 R	13	P39	E2186	13
40	02.08.13	AP	187	P40	E2187 F	13	P40	E2187	13
		Unterboden	188		E2188 R	13	P40	E2188	13
41	20.08.13	AP	189	P41	E2189 F	13	P41	E2189	13
		Unterboden	190		E2190 R	13	P41	E2190	13
42	26.07.13	AP	191	P42	E2191 F	13	P42	E2191	13
		Unterboden	192		E2192 R	13	P42	E2192	13
43	05.08.13	AP	193	P43	E2193 F	13	P43	E2193	13
		Unterboden	194		E2194 R	13	P43	E2194	13
44	17.07.13	AP	195	P44	E2195 F	13	P44	E2195	13
		Unterboden	196		E2196 R	13	P44	E2196	13
45	16.07.13	AP	197	P45	E2197 F	13	P45	E2197	13
		Unterboden	198		E2198 R	13	P45	E2198	13
46	06.08.13	AP	199	P46	E2199 F	13	P46	E2199	13
		Unterboden	200		E2200 R	13	P46	E2200	13
47	22.07.13	AP	201	P47	E2201 F	13	P47	E2201	13
		Unterboden	202		E2202 R	13	P47	E2202	13
48	27.09.13	AP	203	P48	E2203 F	13	P48	E2203	13
		Unterboden	204		E2204 R	13	P48	E2204	13
49		AP	205	P49	E2205 F	13	P49	E2205	13
		Unterboden	206		E2206 R	13	P49	E2206	13
50	24.09.13	AP	207	P50	E2207 F	13	P50	E2207	13
		Unterboden	208		E2208 R	13	P50	E2208	13
51	29.07.13	AP	209	P51	E2209 F	13	P51	E2209	13
		Unterboden	210		E2210 R	13	P51	E2210	13
52	24.09.13	AP	211	P52	E2211 F	13	P52	E2211	13
		Unterboden	212		E2212 R	13	P52	E2212	13
53	06.08.13	AP	213	P53	E2213 F	13	P53	E2213	13
		Unterboden	214		E2214 R	13	P53	E2214	13
54	29.07.13	AP	215	P54	E2215 F	13	P54	E2215	13
		Unterboden	216		E2216 R	13	P54	E2216	13
55	30.07.13	AP	217	P55	E2217 F	13	P55	E2217	13
		Unterboden	218		E2218 R	13	P55	E2218	13
56	13.08.13	AP	219	P56	E2219 F	13	P56	E2219	13
		Unterboden	220		E2220 R	13	P56	E2220	13

BDF Nr.	Probenahme Datum	Horizont	WG	Pflanzeninhaltsstoffe (Frucht + Restpflanze)			SW-Inhaltsstoffe		
1	02.07.14	AP	111	P01	E2111 F	14	P01	E2111	14
		Unterboden	112		E2112 R	14	P01	E2112	14
2	02.07.14	AP	113	P02	E2113 F	14	P02	E2113	14
		Unterboden	114		E2114 R	14	P02	E2114	14
3	09.07.14	AP	115	P03	E2115 F	14	P03	E2115	14
		Unterboden	116		E2116 R	14	P03	E2116	14
4	11.06.14	AP	117	P04	E2117 F	14	P04	E2117	14
		Unterboden	118		E2118 R	14	P04	E2118	14
5	08.07.14	AP	119	P05	E2119 F	14	P05	E2119	14
		Unterboden	120		E2120 R	14	P05	E2120	14
6	04.07.14	AP	121	P06	E2121 F	14	P06	E2121	14
		Unterboden	122		E2122 R	14	P06	E2122	14
7	09.07.14	AP	123	P07	E2123 F	14	P07	E2123	14
		Unterboden	124		E2124 R	14	P07	E2124	14
8	08.07.14	AP	125	P08	E2125 F	14	P08	E2125	14
		Unterboden	126		E2128 R	14	P08	E2126	14
9	09.09.14	AP	127	P09	E2127 F	14	P09	E2127	14
		Unterboden	128		E2128 R	14	P09	E2128	14
10	30.06.14	AP	129	P10	E2129 F	14	P10	E2129	14
		Unterboden	130		E2130 R	14	P10	E2130	14
11	24.07.14	AP	131	P11	E2131 F	14	P11	E2131	14
		Unterboden	132		E2132 R	14	P11	E2132	14
12	21.07.14	AP	133	P12	E2133 F	14	P12	E2133	14
		Unterboden	134		E2134 R	14	P12	E2134	14
13	21.07.14	AP	135	P13	E2135 F	14	P13	E2135	14
		Unterboden	136		E2136 R	14	P13	E2136	14
14	02.09.14	AP	137	P14	E2137 F	14	P14	E2137	14
		Unterboden	138		E2138 R	14	P14	E2138	14
15	16.09.14	AP	139	P15	E2139 F	14	P15	E2139	14
		Unterboden	140		E2140 R	14	P15	E2140	14
16	25.06.14	AP	141	P16	E2141 F	14	P16	E2141	14
		Unterboden	142		E2142 R	14	P16	E2142	14
18	08.07.14	AP	143	P18	E2143 F	14	P18	E2143	14
		Unterboden	144		E2144 R	14	P18	E2144	14
19	10.07.14	AP	145	P19	E2145 F	14	P19	E2145	14
		Unterboden	146		E2148 R	14	P19	E2146	14
20	01.07.14	AP	147	P20	E2147 F	14	P20	E2147	14
		Unterboden	148		E2148 R	14	P20	E2148	14
21	10.07.14	AP	149	P21	E2149 F	14	P21	E2149	14
		Unterboden	150		E2150 R	14	P21	E2150	14
22	24.06.14	AP	151	P22	E2151 F	14	P22	E2151	14
		Unterboden	152		E2152 R	14	P22	E2152	14
23	23.06.14	AP	153	P23	E2153 F	14	P23	E2153	14
		Unterboden	154		E2156 R	14	P23	E2154	14
24	02.07.14	AP	155	P24	E2155 F	14	P24	E2155	14
		Unterboden	156		E2158 R	14	P24	E2156	14
25	11.07.14	AP	157	P25	E2157 F	14	P25	E2157	14
		Unterboden	158		E2158 R	14	P25	E2158	14
26	11.07.14	AP	159	P26	E2159 F	14	P26	E2159	14
		Unterboden	160		E2160 R	14	P26	E2160	14
27	15.07.14	AP	161	P27	E2161 F	14	P27	E2161	14
		Unterboden	162		E2162 R	14	P27	E2162	14
28	26.06.14	AP	163	P28	E2163 F	14	P28	E2163	14
		Unterboden	164		E2164 R	14	P28	E2164	14
29	04.07.14	AP	165	P29	E2165 F	14	P29	E2165	14
		Unterboden	166		E2166 R	14	P29	E2166	14

30	29.07.14	AP	167	P30	E2167 F	14	P30	E2167	14
		Unterboden	168		E2168 R	14	P30	E2168	14
31	01.07.14	AP	169	P31	E2169 F	14	P31	E2169	14
		Unterboden	170		E2170 R	14	P31	E2170	14
32	25.06.14	AP	171	P32	E2171 F	14	P32	E2171	14
		Unterboden	172		E2172 R	14	P32	E2172	14
33	18.07.14	AP	173	P33	E2173 F	14	P33	E2173	14
		Unterboden	174		E2174 R	14	P33	E2174	14
34	30.06.14	AP	175	P34	E2175 F	14	P34	E2175	14
		Unterboden	176		E2176 R	14	P34	E2176	14
35	30.06.14	AP	177	P35	E2177 F	14	P35	E2177	14
		Unterboden	178		E2178 R	14	P35	E2178	14
36	07.07.14	AP	179	P36	E2179 F	14	P36	E2179	14
		Unterboden	180		E2180 R	14	P36	E2180	14
37	22.07.14	AP	181	P37	E2181 F	14	P37	E2181	14
		Unterboden	182		E2182 R	14	P37	E2182	14
38	16.07.14	AP	183	P38	E2183 F	14	P38	E2183	14
		Unterboden	184		E2184 R	14	P38	E2184	14
39	16.07.14	AP	185	P39	E2185 F	14	P39	E2185	14
		Unterboden	186		E2186 R	14	P39	E2186	14
40	16.07.14	AP	187	P40	E2187 F	14	P40	E2187	14
		Unterboden	188		E2188 R	14	P40	E2188	14
41	10.09.14	AP	189	P41	E2189 F	14	P41	E2189	14
		Unterboden	190		E2190 R	14	P41	E2190	14
42	28.07.14	AP	191	P42	E2191 F	14	P42	E2191	14
		Unterboden	192		E2192 R	14	P42	E2192	14
43	15.07.14	AP	193	P43	E2193 F	14	P43	E2193	14
		Unterboden	194		E2194 R	14	P43	E2194	14
44	26.06.14	AP	195	P44	E2195 F	14	P44	E2195	14
		Unterboden	196		E2196 R	14	P44	E2196	14
45	03.07.14	AP	197	P45	E2197 F	14	P45	E2197	14
		Unterboden	198		E2198 R	14	P45	E2198	14
46	14.07.14	AP	199	P46	E2199 F	14	P46	E2199	14
		Unterboden	200		E2200 R	14	P46	E2200	14
47	30.07.14	AP	201	P47	E2201 F	14	P47	E2201	14
		Unterboden	202		E2202 R	14	P47	E2202	14
48	14.07.14	AP	203	P48	E2203 F	14	P48	E2203	14
		Unterboden	204		E2204 R	14	P48	E2204	14
50	17.07.14	AP	205	P50	E2205 F	14	P50	E2205	14
		Unterboden	206		E2206 R	14	P50	E2206	14
51	03.07.14	AP	207	P51	E2207 F	14	P51	E2207	14
		Unterboden	208		E2208 R	14	P51	E2208	14
52	17.07.14	AP	209	P52	E2209 F	14	P52	E2209	14
		Unterboden	210		E2210 R	14	P52	E2210	14
53	23.07.14	AP	211	P53	E2211 F	14	P53	E2211	14
		Unterboden	212		E2212 R	14	P53	E2212	14
54	14.07.14	AP	213	P54	E2213 F	14	P54	E2213	14
		Unterboden	214		E2214 R	14	P54	E2214	14
55	17.09.14	AP	215	P55	E2215 F	14	P55	E2215	14
		Unterboden	216		E2216 R	14	P55	E2216	14
56	17.07.14	AP	217	P56	E2217 F	14	P56	E2217	14
		Unterboden	218		E2218 R	14	P56	E2218	14
57	22.07.14	AP	219	P57	E2219 F	14	P56	E2219	14
		Unterboden	220		E2220 R	14	P56	E2220	14

Anlage 4: Probeliste Zyklus 3 / 2012, 2013, 2014

BDF Nr.	Probenahme Datum	Horizont	WG	SW-Inhaltsstoffe		
1	12.11.12	AP	221	P01	E3221	12
		Unterboden	222	P01	E3222	12
2	12.11.12	AP	223	P02	E3223	12
		Unterboden	224	P02	E3224	12
3	13.11.12	AP	225	P03	E3225	12
		Unterboden	226	P03	E3226	12
4	07.11.12	AP	227	P04	E3227	12
		Unterboden	228	P04	E3228	12
5	05.11.12	AP	229	P05	E3229	12
		Unterboden	230	P05	E3230	12
6	14.11.12	AP	231	P06	E3231	12
		Unterboden	232	P06	E3232	12
7	13.11.12	AP	233	P07	E3233	12
		Unterboden	234	P07	E3234	12
8	05.11.12	AP	235	P08	E3235	12
		Unterboden	236	P08	E3236	12
9	07.11.12	AP	237	P09	E3237	12
		Unterboden	238	P09	E3238	12
10	06.11.12	AP	239	P10	E3239	12
		Unterboden	240	P10	E3240	12
11	06.11.12	AP	241	P11	E3241	12
		Unterboden	242	P11	E3242	12
12	25.10.12	AP	243	P12	E3243	12
		Unterboden	244	P12	E3244	12
13	23.10.12	AP	245	P13	E3245	12
		Unterboden	246	P13	E3246	12
14	22.10.12	AP	247	P14	E3247	12
		Unterboden	248	P14	E3248	12
15	23.10.12	AP	249	P15	E3249	12
		Unterboden	250	P15	E3250	12
16	26.06.12	AP	251	P16	E3251	12
		Unterboden	252	P16	E3252	12
18	05.11.12	AP	253	P18	E3253	12
		Unterboden	254	P18	E3254	12
19	22.10.12	AP	255	P19	E3255	12
		Unterboden	256	P19	E3256	12
20	22.10.12	AP	257	P20	E3257	12
		Unterboden	258	P20	E3258	12
21	23.10.12	AP	259	P21	E3259	12
		Unterboden	260	P21	E3260	12
22	14.11.12	AP	261	P22	E3261	12
		Unterboden	262	P22	E3262	12
23	20.11.12	AP	263	P23	E3263	12
		Unterboden	264	P23	E3264	12
24	05.11.12	AP	265	P24	E3265	12
		Unterboden	266	P24	E3266	12
25	13.10.12.	AP	267	P25	E3267	12
		Unterboden	268	P25	E3268	12
26	23.10.12	AP	269	P26	E3269	12
		Unterboden	270	P26	E3270	12
27	26.10.12	AP	271	P27	E3271	12
		Unterboden	272	P27	E3272	12
28	01.11.12	AP	273	P28	E3273	12

		Unterboden	274	P28	E3274	12
29	24.10.12	AP	275	P29	E3275	12
		Unterboden	276	P29	E3276	12
30	22.10.12	AP	277	P30	E3277	12
		Unterboden	278	P30	E3278	12
31	26.10.12	AP	279	P31	E3279	12
		Unterboden	280	P31	E3280	12
32	25.10.12	AP	281	P32	E3281	12
		Unterboden	282	P32	E3282	12
33	01.11.12	AP	283	P33	E3283	12
		Unterboden	284	P33	E3284	12
34	09.01.12	AP	285	P34	E3285	12
		Unterboden	286	P34	E3286	12
35	24.10.12	AP	287	P35	E3287	12
		Unterboden	288	P35	E3288	12
36	12.11.12	AP	289	P36	E3289	12
		Unterboden	290	P36	E3290	12
37	12.11.12	AP	291	P37	E3291	12
		Unterboden	292	P37	E3292	12
38	25.10.12	AP	293	P38	E3293	12
		Unterboden	294	P38	E3294	12
39	25.10.12	AP	295	P39	E3295	12
		Unterboden	296	P39	E3296	12
40	25.10.12	AP	297	P40	E3297	12
		Unterboden	298	P40	E3298	12
41	13.11.12	AP	299	P41	E3299	12
		Unterboden	300	P41	E3300	12
42	26.10.12	AP	301	P42	E3301	12
		Unterboden	302	P42	E3302	12
43	02.11.12	AP	303	P43	E3303	12
		Unterboden	304	P43	E3304	12
44	13.11.12	AP	305	P44	E3305	12
		Unterboden	306	P44	E3306	12
45	13.11.12	AP	307	P45	E3307	12
		Unterboden	308	P45	E3308	12
46	14.11.12	AP	309	P46	E3309	12
		Unterboden	310	P46	E3310	12
47	20.11.12	AP	311	P47	E3311	12
		Unterboden	312	P47	E3312	12
48	20.11.12	AP	313	P48	E3313	12
		Unterboden	314	P48	E3314	12
49	12.11.12	AP	315	P49	E3315	12
		Unterboden	316	P49	E3316	12
50	19.11.12	AP	317	P50	E3317	12
		Unterboden	318	P50	E3318	12
51	14.11.12	AP	319	P51	E3319	12
		Unterboden	320	P51	E3320	12
52	19.11.12	AP	321	P52	E3321	12
		Unterboden	322	P52	E3322	12
53	14.11.12	AP	323	P53	E3323	12
		Unterboden	324	P53	E3324	12
54	21.11.12	AP	325	P54	E3325	12
		Unterboden	326	P54	E3326	12
55	12.11.12	AP	327	P55	E3327	12
		Unterboden	328	P55	E3328	12
56	19.11.12	AP	329	P56	E3329	12
		Unterboden	330	P56	E3330	12

BDF Nr.	Probenahme Datum	Horizont	WG	SW-Inhaltsstoffe		
1	09.10.13	AP	221	P01	E3221	13
		Unterboden	222	P01	E3222	13
2	09.10.13	AP	223	P02	E3223	13
		Unterboden	224	P02	E3224	13
3	09.10.13	AP	225	P03	E3225	13
		Unterboden	226	P03	E3226	13
4	09.10.13	AP	227	P04	E3227	13
		Unterboden	228	P04	E3228	13
5	25.10.13	AP	229	P05	E3229	13
		Unterboden	230	P05	E3230	13
6	08.10.13	AP	231	P06	E3231	13
		Unterboden	232	P06	E3232	13
7	09.10.13	AP	233	P07	E3233	13
		Unterboden	234	P07	E3234	13
8	25.10.13	AP	235	P08	E3235	13
		Unterboden	236	P08	E3236	13
9	10.10.13	AP	237	P09	E3237	13
		Unterboden	238	P09	E3238	13
10	10.10.13	AP	239	P10	E3239	13
		Unterboden	240	P10	E3240	13
11	10.10.13	AP	241	P11	E3241	13
		Unterboden	242	P11	E3242	13
12	29.10.13	AP	243	P12	E3243	13
		Unterboden	244	P12	E3244	13
13	29.10.13	AP	245	P13	E3245	13
		Unterboden	246	P13	E3246	13
14	29.10.13	AP	247	P14	E3247	13
		Unterboden	248	P14	E3248	13
15	06.11.13	AP	249	P15	E3249	13
		Unterboden	250	P15	E3250	13
16	28.10.13	AP	251	P16	E3251	13
		Unterboden	252	P16	E3252	13
18	16.10.13	AP	253	P18	E3253	13
		Unterboden	254	P18	E3254	13
19	06.11.13	AP	255	P19	E3255	13
		Unterboden	256	P19	E3256	13
20	06.11.13	AP	257	P20	E3257	13
		Unterboden	258	P20	E3258	13
21	28.10.13	AP	259	P21	E3259	13
		Unterboden	260	P21	E3260	13
22	08.10.13	AP	261	P22	E3261	13
		Unterboden	262	P22	E3262	13
23	23.10.13	AP	263	P23	E3263	13
		Unterboden	264	P23	E3264	13
24	16.10.13	AP	265	P24	E3265	13
		Unterboden	266	P24	E3266	13
25	17.10.13	AP	267	P25	E3267	13
		Unterboden	268	P25	E3268	13
26	17.10.13	AP	269	P26	E3269	13
		Unterboden	270	P26	E3270	13
27	11.11.13	AP	271	P27	E3271	13
		Unterboden	272	P27	E3272	13
28	01.11.13	AP	273	P28	E3273	13
		Unterboden	274	P28	E3274	13
29	11.11.13	AP	275	P29	E3275	13
		Unterboden	276	P29	E3276	13

30	17.10.13	AP	277		P30	E3277	13
		Unterboden	278		P30	E3278	13
31	30.10.13	AP	279		P31	E3279	13
		Unterboden	280		P31	E3280	13
32	30.10.13	AP	281		P32	E3281	13
		Unterboden	282		P32	E3282	13
33	01.11.13	AP	283		P33	E3283	13
		Unterboden	284		P33	E3284	13
34	07.11.13	AP	285		P34	E3285	13
		Unterboden	286		P34	E3286	13
35	04.11.13	AP	287		P35	E3287	13
		Unterboden	288		P35	E3288	13
36	05.11.13	AP	289		P36	E3289	13
		Unterboden	290		P36	E3290	13
37	22.10.13	AP	291		P37	E3291	13
		Unterboden	292		P37	E3292	13
38	30.10.13	AP	293		P38	E3293	13
		Unterboden	294		P38	E3294	13
39	30.10.13	AP	295		P39	E3295	13
		Unterboden	296		P39	E3296	13
40	28.10.13	AP	297		P40	E3297	13
		Unterboden	298		P40	E3298	13
41	24.10.13	AP	299		P41	E3299	13
		Unterboden	300		P41	E3300	13
42	30.10.13	AP	301		P42	E3301	13
		Unterboden	302		P42	E3302	13
43	21.10.13	AP	303		P43	E3303	13
		Unterboden	304		P43	E3304	13
44	24.10.13	AP	305		P44	E3305	13
		Unterboden	306		P44	E3306	13
45	24.10.13	AP	307		P45	E3307	13
		Unterboden	308		P45	E3308	13
46	24.10.13	AP	309		P46	E3309	13
		Unterboden	310		P46	E3310	13
47	22.10.13	AP	311		P47	E3311	13
		Unterboden	312		P47	E3312	13
48	22.10.13	AP	313		P48	E3313	13
		Unterboden	314		P48	E3314	13
50	29.10.13	AP	315		P50	E3315	13
		Unterboden	316		P50	E3316	13
51	28.10.13	AP	317		P51	E3317	13
		Unterboden	318		P51	E3318	13
52	29.10.13	AP	319		P52	E3319	13
		Unterboden	320		P52	E3320	13
53	28.10.13	AP	321		P53	E3321	13
		Unterboden	322		P53	E3322	13
54	23.10.13	AP	323		P54	E3323	13
		Unterboden	324		P54	E3324	13
55	21.10.13	AP	325		P55	E3325	13
		Unterboden	326		P55	E3326	13
56	23.10.13	AP	327		P56	E3327	13
		Unterboden	328		P56	E3328	13
57	22.10.13	AP	329		P57	E3329	13
		Unterboden	330		P57	E3330	13

BDF Nr.	Probenahme Datum	Horizont	WG	SW-Inhaltsstoffe		
1	06.11.14	AP	221	P01	E3221	14
		Unterboden	222	P01	E3222	14
2	27.10.14	AP	223	P02	E3223	14
		Unterboden	224	P02	E3224	14
3	11.12.14	AP	225	P03	E3225	14
		Unterboden	226	P03	E3226	14
4	27.10.14	AP	227	P04	E3227	14
		Unterboden	228	P04	E3228	14
5	05.11.14	AP	229	P05	E3229	14
		Unterboden	230	P05	E3230	14
6	12.11.14	AP	231	P06	E3231	14
		Unterboden	232	P06	E3232	14
7	06.11.14	AP	233	P07	E3233	14
		Unterboden	234	P07	E3234	14
8	11.11.14	AP	235	P08	E3235	14
		Unterboden	236	P08	E3236	14
9	11.11.14	AP	237	P09	E3237	14
		Unterboden	238	P09	E3238	14
10	13.11.14	AP	239	P10	E3239	14
		Unterboden	240	P10	E3240	14
11	12.11.14	AP	241	P11	E3241	14
		Unterboden	242	P11	E3242	14
12	29.10.14	AP	243	P12	E3243	14
		Unterboden	244	P12	E3244	14
13	10.11.14	AP	245	P13	E3245	14
		Unterboden	246	P13	E3246	14
14	29.10.14	AP	247	P14	E3247	14
		Unterboden	248	P14	E3248	14
15	10.11.14	AP	249	P15	E3249	14
		Unterboden	250	P15	E3250	14
16	29.10.14	AP	251	P16	E3251	14
		Unterboden	252	P16	E3252	14
18	05.11.14	AP	253	P18	E3253	14
		Unterboden	254	P18	E3254	14
19	03.11.14	AP	255	P19	E3255	14
		Unterboden	256	P19	E3256	14
20	03.11.14	AP	257	P20	E3257	14
		Unterboden	258	P20	E3258	14
21	29.10.14	AP	259	P21	E3259	14
		Unterboden	260	P21	E3260	14
22	12.11.14	AP	261	P22	E3261	14
		Unterboden	262	P22	E3262	14
23	21.10.14	AP	263	P23	E3263	14
		Unterboden	264	P23	E3264	14
24	06.11.14	AP	265	P24	E3265	14
		Unterboden	266	P24	E3266	14
25	05.11.14	AP	267	P25	E3267	14
		Unterboden	268	P25	E3268	14
26	24.10.14	AP	269	P26	E3269	14
		Unterboden	270	P26	E3270	14
27	07.11.14	AP	271	P27	E3271	14
		Unterboden	272	P27	E3272	14
28	10.11.14	AP	273	P28	E3273	14
		Unterboden	274	P28	E3274	14
29	06.11.14	AP	275	P29	E3275	14
		Unterboden	276	P29	E3276	14

30	12.11.14	AP	277		P30	E3277	14
		Unterboden	278		P30	E3278	14
31	28.10.14	AP	279		P31	E3279	14
		Unterboden	280		P31	E3280	14
32	22.10.14	AP	281		P32	E3281	14
		Unterboden	282		P32	E3282	14
33	10.11.14	AP	283		P33	E3283	14
		Unterboden	284		P33	E3284	14
34	21.10.14	AP	285		P34	E3285	14
		Unterboden	286		P34	E3286	14
35	13.11.14	AP	287		P35	E3287	14
		Unterboden	288		P35	E3288	14
36	24.10.14	AP	289		P36	E3289	14
		Unterboden	290		P36	E3290	14
37	28.10.14	AP	291		P37	E3291	14
		Unterboden	292		P37	E3292	14
38	22.10.14	AP	293		P38	E3293	14
		Unterboden	294		P38	E3294	14
39	28.10.14	AP	295		P39	E3295	14
		Unterboden	296		P39	E3296	14
40	07.11.14	AP	297		P40	E3297	14
		Unterboden	298		P40	E3298	14
41	30.10.14	AP	299		P41	E3299	14
		Unterboden	300		P41	E3300	14
42	03.11.14	AP	301		P42	E3301	14
		Unterboden	302		P42	E3302	14
43	07.11.14	AP	303		P43	E3303	14
		Unterboden	304		P43	E3304	14
44	30.10.14	AP	305		P44	E3305	14
		Unterboden	306		P44	E3306	14
45	20.10.14	AP	307		P45	E3307	14
		Unterboden	308		P45	E3308	14
46	23.10.14	AP	309		P46	E3309	14
		Unterboden	310		P46	E3310	14
47	30.10.14	AP	311		P47	E3311	14
		Unterboden	312		P47	E3312	14
48	30.10.14	AP	313		P48	E3313	14
		Unterboden	314		P48	E3314	14
50	23.10.14	AP	315		P50	E3315	14
		Unterboden	316		P50	E3316	14
51	23.10.14	AP	317		P51	E3317	14
		Unterboden	318		P51	E3318	14
52	27.10.14	AP	319		P52	E3319	14
		Unterboden	320		P52	E3320	14
53	23.10.14	AP	321		P53	E3321	14
		Unterboden	322		P53	E3322	14
54	21.10.14	AP	323		P54	E3323	14
		Unterboden	324		P54	E3324	14
55	20.10.14	AP	325		P55	E3325	14
		Unterboden	326		P55	E3326	14
56	27.10.14	AP	327		P56	E3327	14
		Unterboden	328		P56	E3328	14
57	28.10.14	AP	329		P57	E3329	14
		Unterboden	330		P57	E3330	14

[illegible]

Anlage 6: Bewirtschaftungsdatenblatt, Teil 2

[illegible]

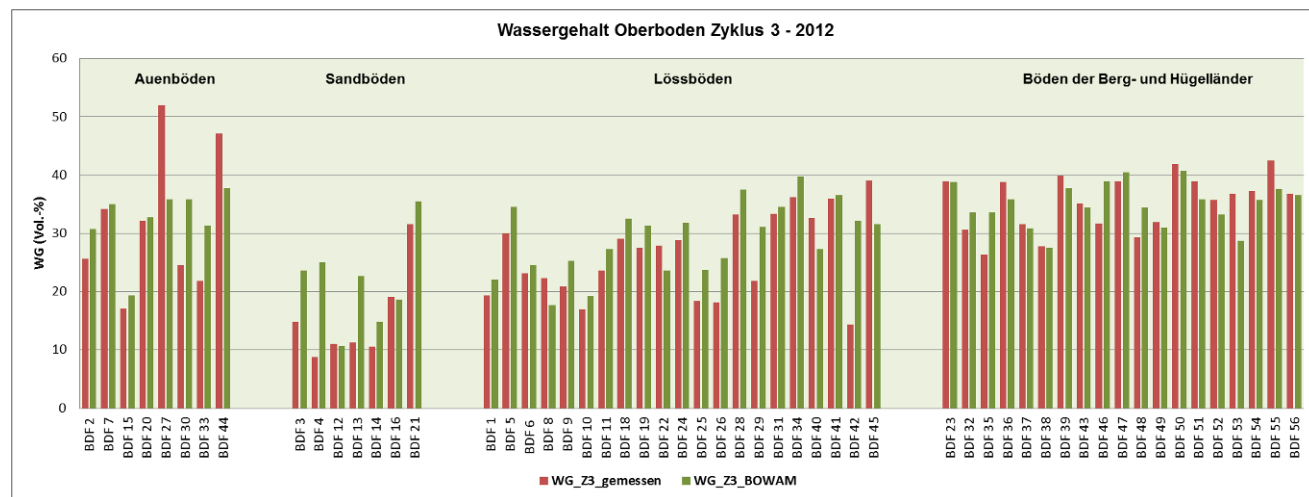
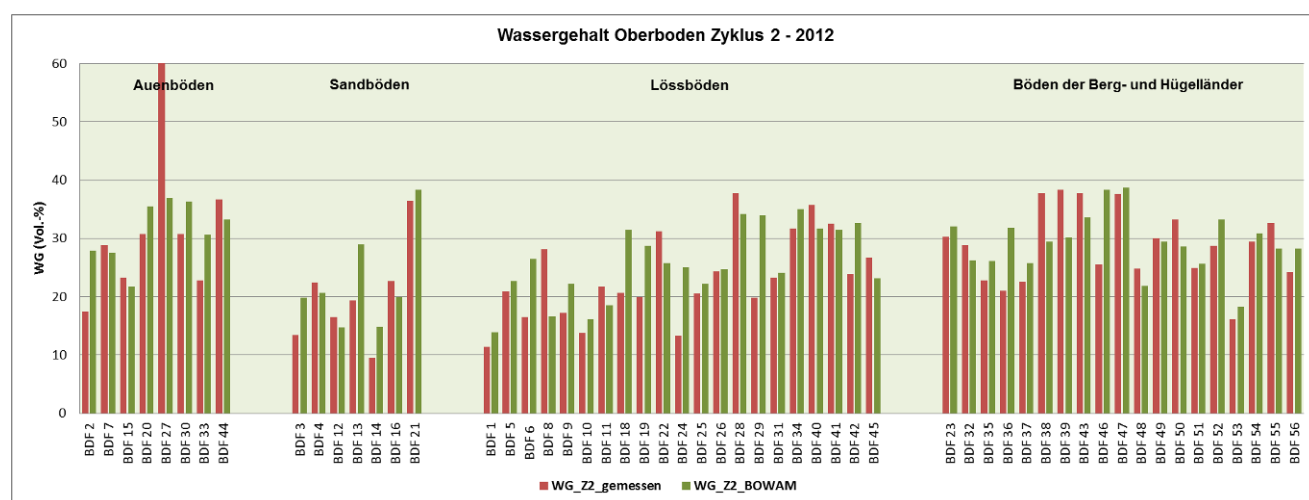
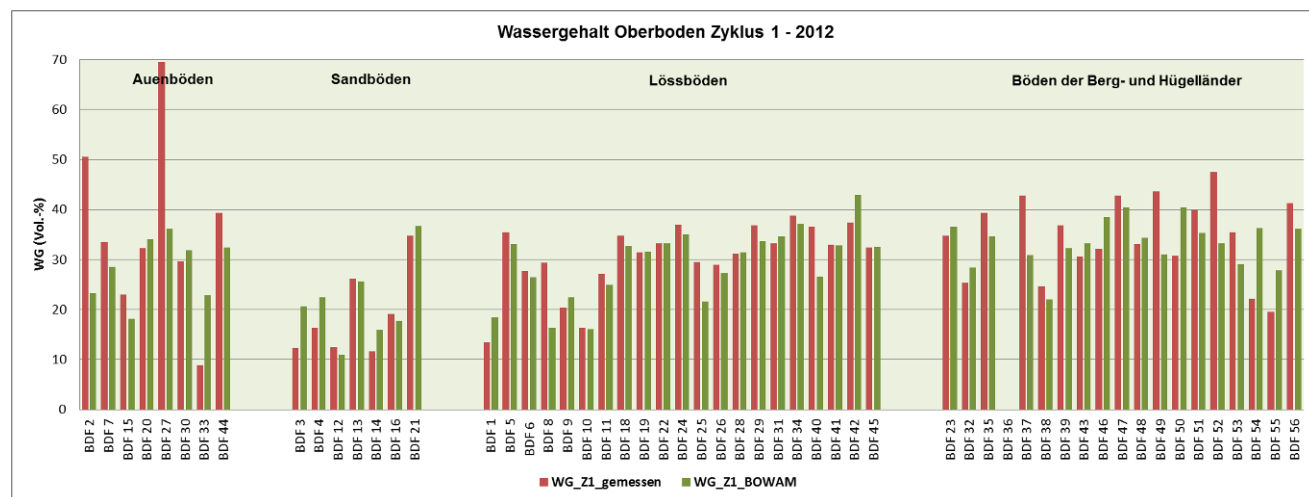
Anlage 7: Modellrelevante geographische und pedologische Parameter

BDF	Tiefe [cm]	GPV [Vol-%]	PWP [Vol-%]	dB [g/cm³]	kf [m/s]	FK [Vol-%]	Humus [%]	Ld [g/cm³]	Ld Stufe	N Grad	N Minuten	O Grad	O Minuten	Höhe ü. NN [m]
1	0-30	37,6	7,3	1,63	4,6E-05	22,3	1,89	1,70	3	51	28,83	12	53,15	99
	30-60	33,2	3,8	1,77	7,6E-05	15,0	0,69	1,82	4					
2	0-30	44,0	11,0	1,57	5,2E-07	31,0	2,06	1,68	3	51	28,53	13	10,83	88
	30-60	42,0	8,6	1,53	1,3E-06	28,0	0,86	1,61	3					
3	0-30	42,0	8,0	1,66		24,0	2,75	1,4-1,6	2	51	31,23	12	55,46	88
	30-60	36,7	5,2	1,66	1,9E-06	14,9	0,69	1,70	3					
4	0-30	42,6	7,0	1,49	1,8E-04	25,0		1,4-1,6	2	51	25,81	13	25,20	93
	30-60	35,7	3,0	1,70	3,4E-05	9,1	0,34	1,74	3					
5	0-30	43,5	11,8	1,47	2,7E-04	34,6	2,24	1,61	3	51	16,61	13	1,43	208
	30-60	41,0	15,8	1,57	5,6E-06	33,1	0,52	1,71	3					
6	0-30	35,7	9,9	1,67	8,7E-07	31,6	1,72	1,76	3	51	19,74	12	12,91	124
	30-60	36,4	8,9	1,68	8,3E-07	28,6	0,34	1,78	3					
7	0-30	46,1	12,4	1,42	1,5E-07	38,4	1,72	1,55	2	51	25,87	12	39,52	103
	30-60	50,2	11,6	1,33	1,7E-06	40,9	0,69	1,45	2					
8	0-30	49,5	8,3	1,29	4,5E-04	25,9	3,10	1,4-1,6	2	51	16,03	12	56,92	185
	30-60	36,0	7,0	1,29		17,8	0,17	1,4-1,6	2					
9	0-30	43,7	6,0	1,47	2,0E-05	25,3	1,38	1,53	2	51	19,00	13	26,76	120
	30-60	39,9	4,6	1,65	4,4E-05	25,3	0,17	1,71	3					
10	0-30	41,8	5,0	1,52	3,1E-05	19,2	1,55	1,56	2	51	18,30	13	30,85	115
	30-60	39,0	3,4	1,58	1,9E-05	16,2	0,34	1,61	3					
11	0-30	44,6	7,7	1,43	8,7E-06	27,6	2,92	1,49	2	51	21,21	13	47,37	135
	30-60	36,0	6,0	1,43		18,8	0,34	1,4-1,6	2					
12	0-30	38,8	5,8	1,63	1,3E-05	16,4	1,72	1,67	3	51	23,91	14	28,15	131
	30-60	42,0	4,0	1,49	3,6E-03	10,7	0,52	1,4-1,6	2					
13	0-30	45,7	10,5	1,22	1,1E-04	30,5	7,40	1,26	1	51	28,34	14	43,32	130
	30-60	45,5	6,3	1,42	3,2E-05	24,8	1,55	1,45	2					
14	0-30	46,2	10,5	1,39	4,2E-05	18,7	3,78	1,42	2	51	24,37	14	16,79	121
	30-60	37,5	2,6	1,65	3,9E-05	9,1	0,34	1,66	3					
15	0-30	41,1	3,3	1,50	1,3E-06	22,3	3,44	1,52	2	51	20,09	14	42,05	143
	30-60	36,8	0,5	1,69	8,2E-05	6,6	0,17	1,69	3					
16	0-30	37,8	8,9	1,62	4,9E-06	21,9	1,72	1,69	3	51	18,48	14	46,02	161
	30-60	29,8	12,5	1,85	3,3E-07	25,5	0,52	1,95	4					
18	0-30	44,1	8,1	1,45	3,6E-06	34,9	1,55	1,55	2	51	14,85	13	5,64	144
	30-60	44,3	8,9	1,47	8,7E-07	33,9	0,34	1,60	3					
19	0-30	43,5	12,1	1,42	1,0E-06	37,8	2,58	1,50	2	51	11,35	14	23,81	222
	30-60	41,5	13,3	1,63	3,8E-07	36,6	0,69	1,76	3					
20	0-30	42,0	13,0	1,49		40,0	2,58	1,6-1,8	3	51	14,54	14	30,52	147
	30-60	40,0	10,8	1,59	1,4E-07	38,5	0,34	1,70	3					
21	0-30	46,4	17,0	1,39	3,8E-09	41,1	3,61	1,55	2	51	15,67	14	54,34	179

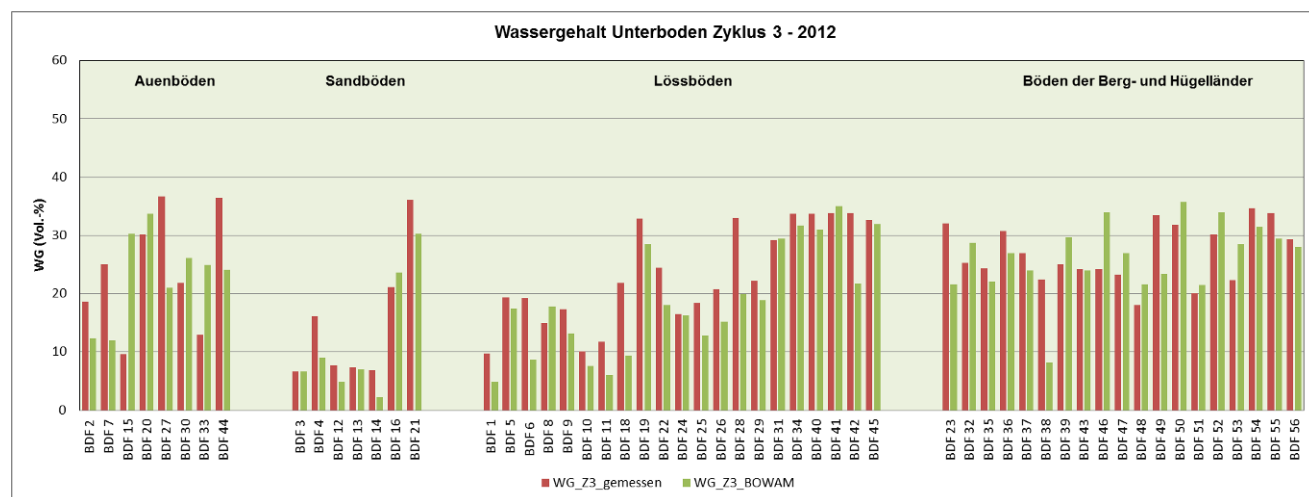
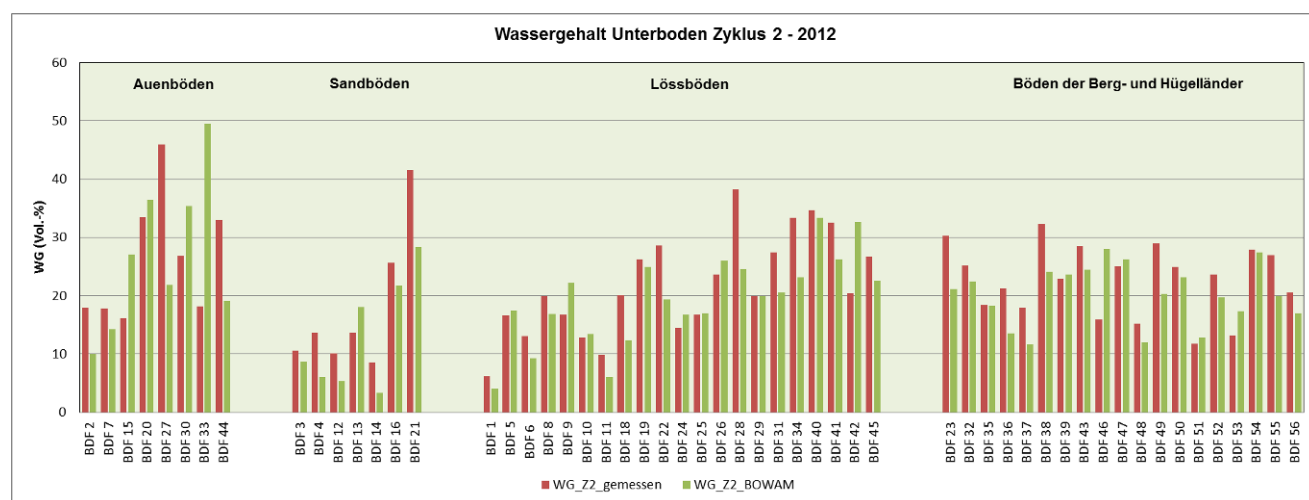
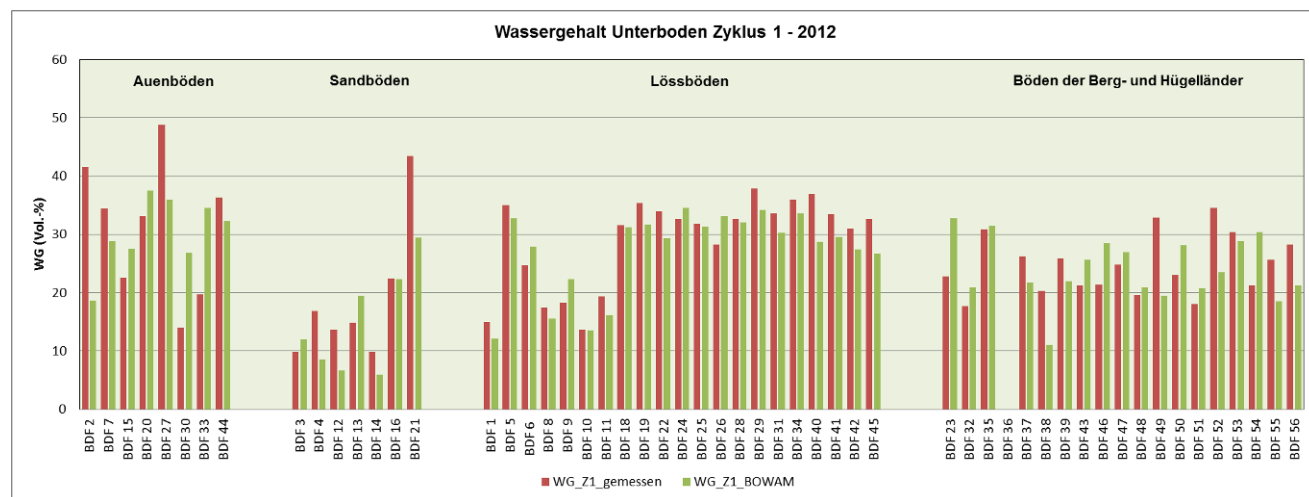
	30-60	34,9	21,9	1,87	1,2E-04	32,6	0,48	1,99	4					
22	0-30	42,2	14,9	1,50	3,6E-08	39,0		2,10	3	51	12,47	12	12,72	151
	30-60	40,7	19,2	1,57	2,9E-07	37,0	0,69	1,76	3					
23	0-30	40,9	22,9	1,50	1,9E-06	39,8	4,47	1,70	3	50	39,79	12	59,06	568
	30-60	37,1	16,7	1,70	3,8E-07	33,5	0,86	1,81	4					
24	0-30	41,6	11,4	1,53	3,1E-07	35,9	2,06	1,64	3	51	12,85	13	8,55	161
	30-60	43,4	16,6	1,49	2,9E-07	36,7	0,52	1,69	3					
25	0-30	50,8	11,4	1,37	6,1E-04	42,2	1,38	1,47	2	51	6,79	13	23,60	215
	30-60	41,9	16,6	1,46	5,0E-04	35,5	0,52	1,55	2					
26	0-30	39,9	12,2	1,57	1,5E-06	31,5	1,72	1,67	3	51	7,23	13	41,12	225
	30-60	41,8	14,7	1,53	3,1E-06	33,8	0,52	1,73	3					
27	0-30	52,1	12,0	1,25	5,8E-05	38,0		<1,4	1	50	54,97	13	23,02	332
	30-60	55,4	12,9	1,16	3,4E-06	46,6		1,27	1					
28	0-30	47,5	10,1	1,37	1,2E-06	37,5	2,06	1,49	2	51	2,29	12	45,01	279
	30-60	39,5	10,6	1,60	2,1E-07	35,7	0,52	1,74	3					
29	0-30	43,2	13,6	1,49	1,6E-06	36,4	1,89	1,83	4	51	3,22	13	7,28	289
	30-60	39,1	17,6	1,60	6,7E-05	35,0	0,17	1,93	4					
30	0-30	58,1	28,1	1,06	1,8E-04	40,0	7,74	1,29	1	51	5,82	13	36,66	104
	30-60	56,9	25,0	1,11	1,4E-04	38,5	5,16	1,34	1					
31	0-30	41,6	17,7	1,51	4,7E-05	34,7	2,24	1,69	3	51	1,50	14	6,74	339
	30-60	33,4	18,1	1,78	1,3E-07	30,8	0,17	1,93	4					
32	0-30	49,8	12,7	1,29	3,2E-05	33,8	4,64	1,37	1	51	1,30	14	35,08	397
	30-60	40,0	15,0	1,29		29,4	1,72	1,4-1,6	2					
33	0-30	52,1	13,1	1,11	1,3E-02	31,4	6,54	1,15	1	51	6,78	12	48,85	144
	30-60	63,8	11,6	0,96	1,8E-03	50,2	8,94	1,04	1					
34	0-30	42,4	20,8	1,50	1,2E-06	39,9	1,89	1,69	3	50	56,81	13	4,59	343
	30-60	38,5	20,1	1,62	3,8E-08	37,8	0,34	1,85	4					
35	0-30	48,0	13,3	1,40	9,2E-06	36,0	1,72	1,52	2	50	57,71	13	16,78	380
	30-60	44,8	11,2	1,47	1,7E-06	35,0	0,34	1,68	3					
36	0-30	49,4	10,9	1,33	1,5E-05	35,9	2,58	1,45	2	50	56,52	13	37,76	368
	30-60	41,4	9,3	1,58	1,5E-05	27,0	0,69	1,65	3					
37	0-30	42,6	13,5	1,48	5,4E-06	30,9	2,75	1,56	2	50	49,86	13	35,23	534
	30-60	39,0	11,1	1,61	1,0E-05	24,0	0,69	1,70	3					
38	0-30	43,3	8,7	1,48	2,3E-06	29,4	1,89	1,55	2	50	49,66	14	47,04	492
	30-60	38,0	2,9	1,60	1,6E-06	24,3	0,34	1,68	3					
39	0-30	46,2	16,0	1,50		37,7	2,75	1,6-1,8	3	50	56,81	14	40,37	390
	30-60	34,0	18,0	1,50		30,0	0,69	1,8-2,0	4					
40	0-30	43,2	10,8	1,48	2,8E-05	31,7	2,24	1,60	3	51	10,25	14	55,00	216
	30-60	38,4	13,9	1,62	1,1E-06	33,4	0,52	1,76	3					
41	0-30	44,6	11,9	1,44	2,2E-06	36,9	2,06	1,55	2	50	51,78	12	31,58	281
	30-60	39,7	12,0	1,58	6,3E-07	35,0	0,34	1,60-1,80	3					
42	0-30	46,2	21,4	1,38	8,5E-07	43,5	4,64	1,51	2	51	5,00	14	3,49	287
	30-60	33,0	11,3	1,76	5,7E-07	30,1	1,03	1,88	4					
43	0-30	47,0	14,5	1,37	1,4E-03	34,4	4,47	1,49	2	50	54,19	13	23,90	423
	30-60	42,0	13,0	1,53	7,9E-04	32,1	0,52	1,69	3					

44	0-30	41,7	17,3	1,55	1,6E-07	38,0	2,06	1,65	3	50	47,20	12	30,03	245
	30-60	43,4	13,0	1,52	5,5E-06	37,7	0,86	1,64	3					
45	0-30	35,7	22,0	1,68	7,7E-07	31,9	2,24	1,85	4	50	42,17	12	35,87	402
	30-60	37,2	19,4	1,67	6,8E-07	32,0	0,34	1,85	4					
46	0-30	61,9	18,7	0,99	1,9E-04	39,4	6,71	1,13	1	50	37,60	12	46,25	532
	30-60	42,0	15,0	0,99		33,9	1,55	<1,40	1					
47	0-30	43,8	19,4	1,45	4,4E-06	40,9	3,96	1,57	2	50	44,31	13	8,40	560
	30-60	34,0	10,5	1,45		28,1	1,89	1,6-1,8	3					
48	0-30	54,8	14,0	1,27		34,8	3,44	<1,4	1	50	45,17	13	14,41	526
	30-60	33,4	8,0	1,67		22,4	1,03	1,6-1,8	3					
49 / 57	0-30	46,9	14,7	1,35	2,1E-05	31,0	3,61	1,51	2	50	49,19	13	38,28	633
	30-60	32,4	17,0	1,45		23,4	0,52	1,6-1,8	3					
50	0-30	49,5	18,7	1,34		41,3	3,78	1,47	2	50	35,09	12	20,37	439
	30-60	38,5	18,8	1,61		36,3	1,03	1,77	3					
51	0-30	47,4	11,1	1,37	2,7E-03	36,3	3,10	1,48	2	50	36,47	12	30,60	419
	30-60	30,5	7,2	1,62	3,0E-03	21,6	0,34	1,75	3					
52	0-30	47,0	17,0	1,47	2,6E-04	34,2	2,92	1,67	3	50	27,71	12	9,40	472
	30-60	44,0	16,7	1,50	3,5E-04	34,0	1,20	1,6-1,8	3					
53	0-30	44,0	10,7	1,40	7,3E-05	29,1	5,16	1,52	2	50	30,31	12	36,40	602
	30-60	41,4	14,4	1,42	1,1E-04	28,8	1,89	1,53	2					
54	0-30	56,8	17,5	1,15	3,4E-05	36,6	3,61	1,27	1	50	32,57	13	1,16	720
	30-60	51,7	13,1	1,23	3,3E-05	31,9	1,03	1,27	1					
55	0-30	37,9	13,0	1,61	2,2E-04	37,7	3,10	1,72	3	50	55,02	14	6,41	242
	30-60	32,9	11,9	1,77	1,1E-06	29,5	0,69	1,88	4					
56	0-30	43,0	18,6	1,54	5,0E-07	37,3	2,41	1,70	3	50	20,09	12	13,52	556
	30-60	37,4	17,0	1,54		28,2	0,34	1,6-1,8	3					

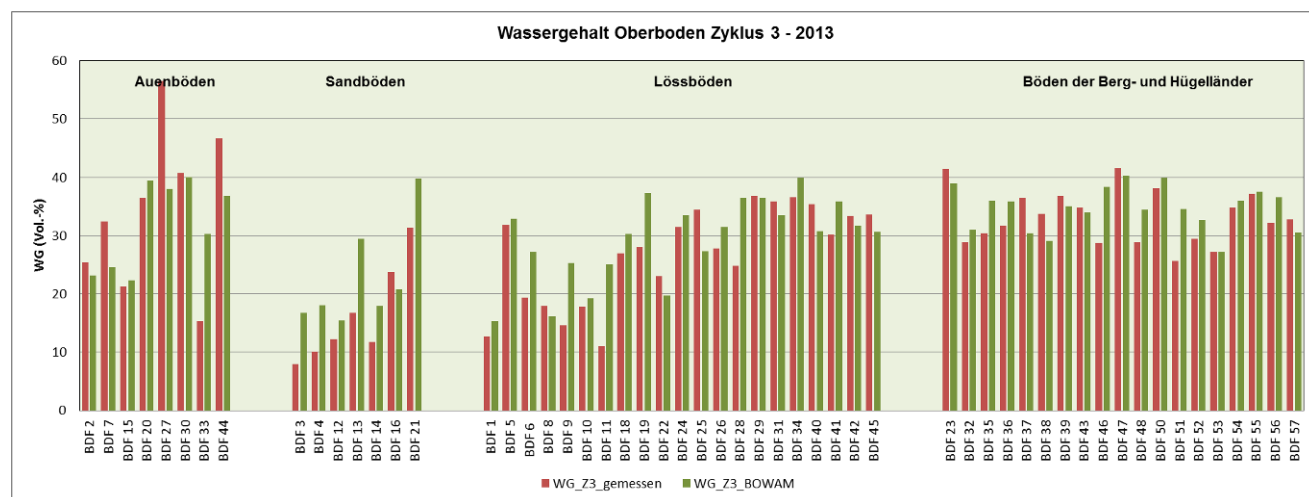
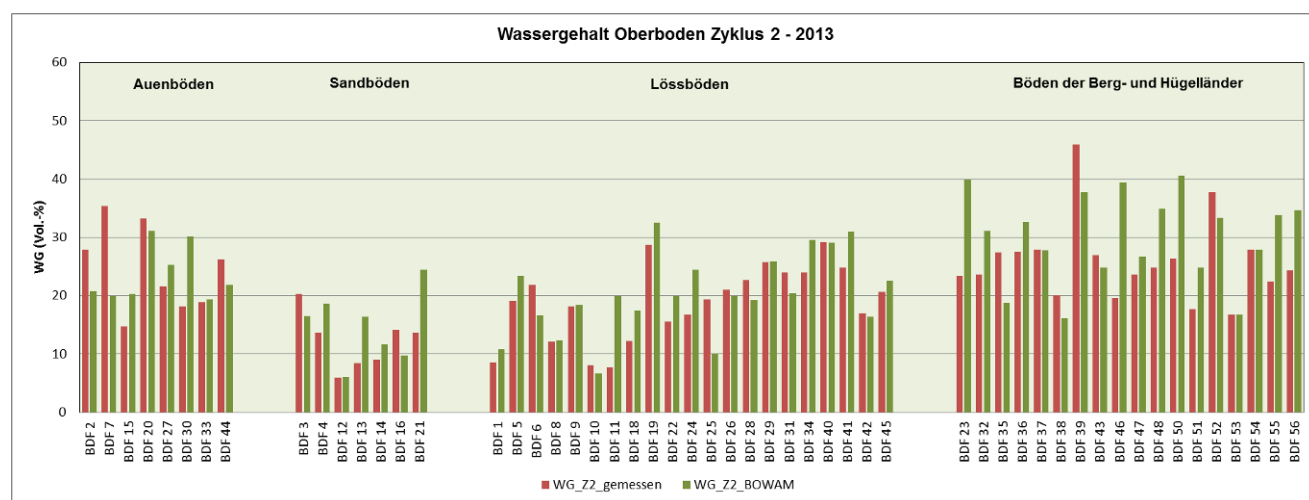
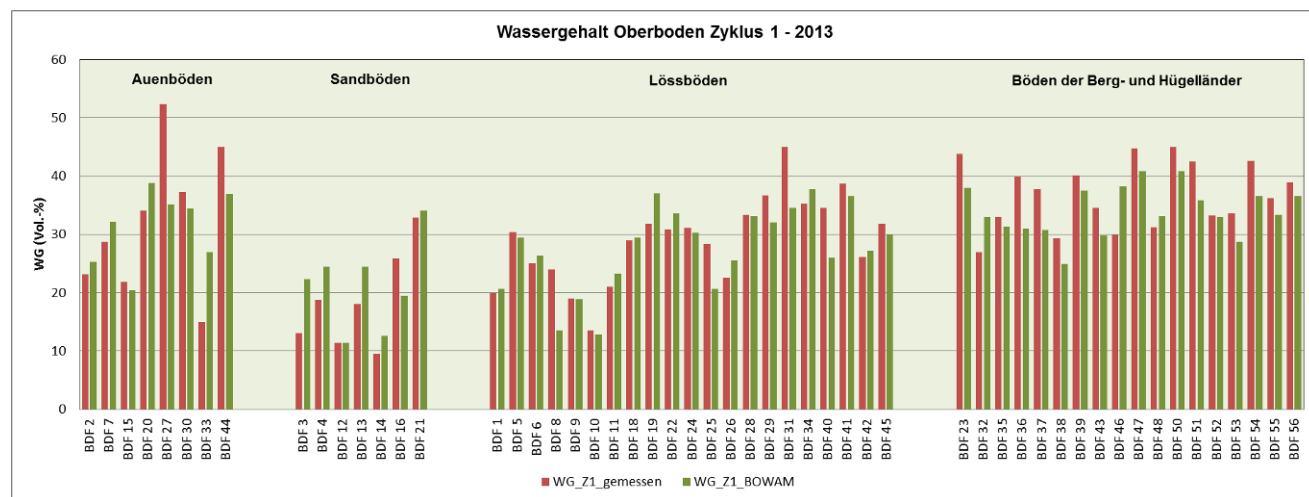
Anlage 8: Übersicht der gemessenen und modellierten Wassergehalte der Oberböden 2012



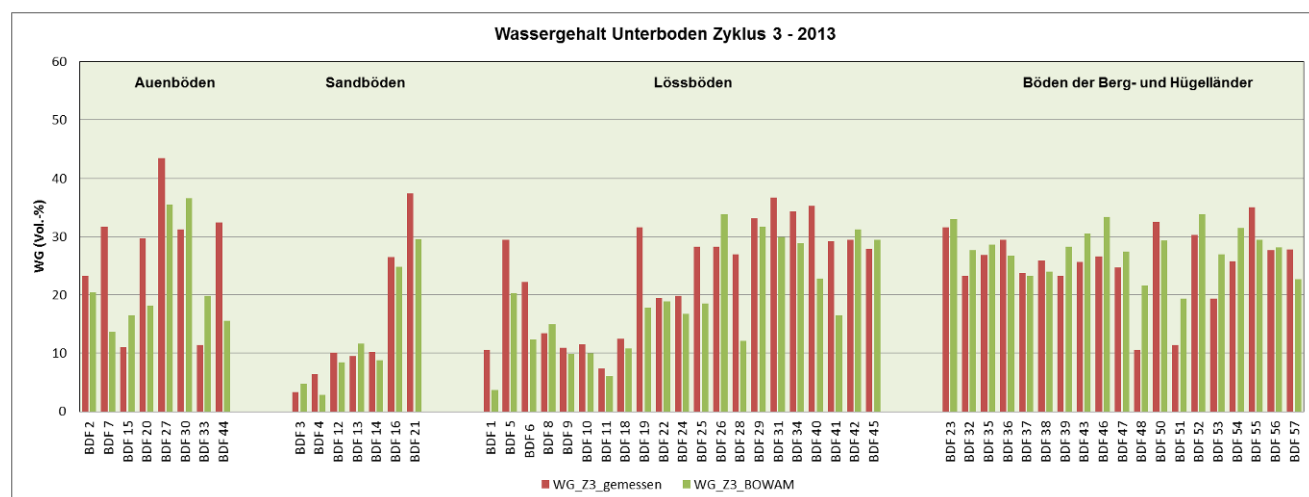
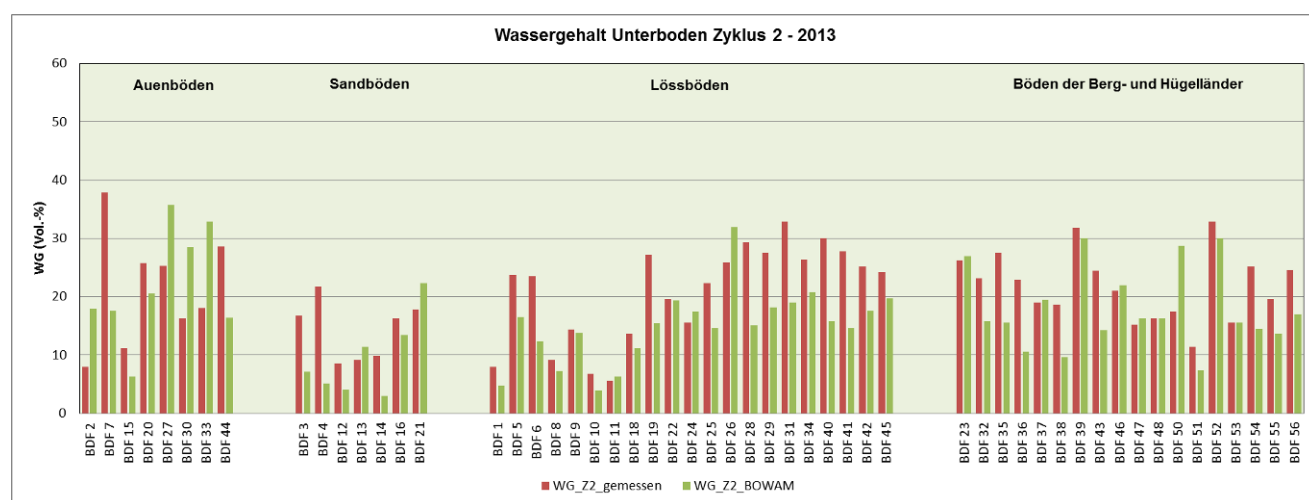
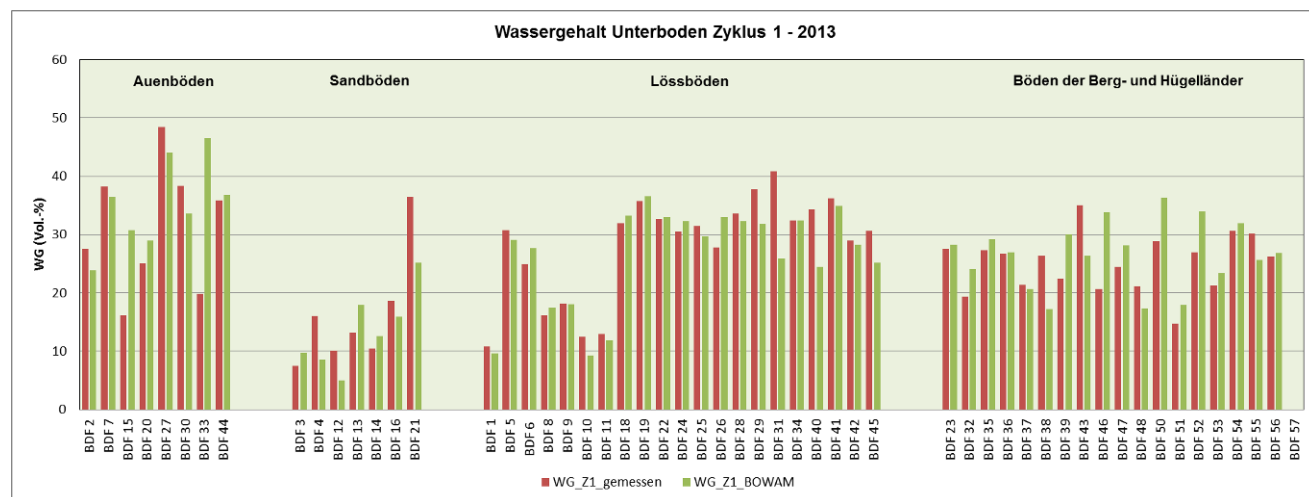
Anlage 9: Übersicht der gemessenen und modellierten Wassergehalte der Unterböden 2012



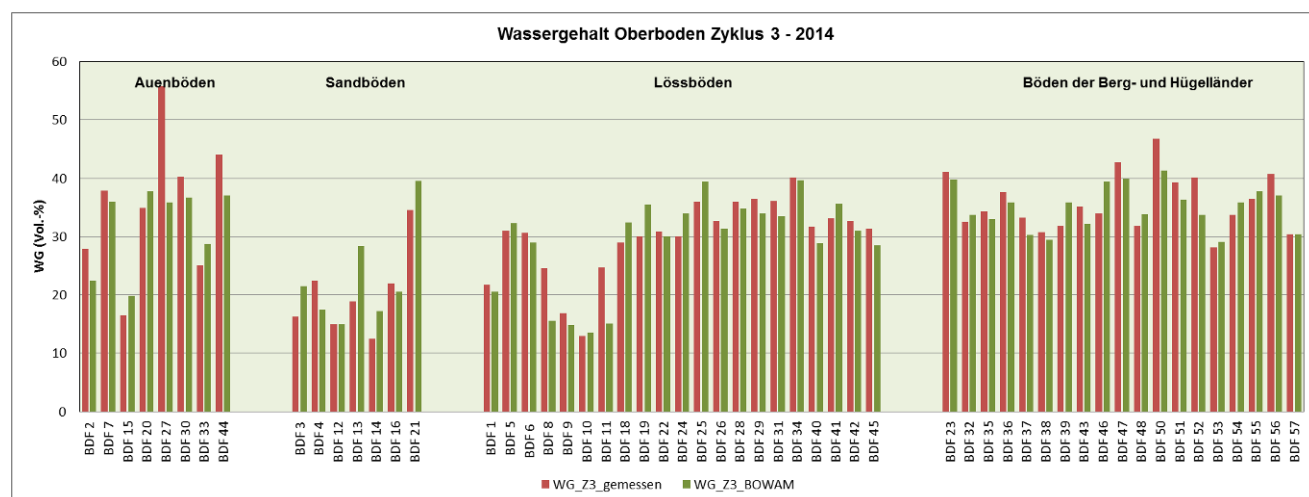
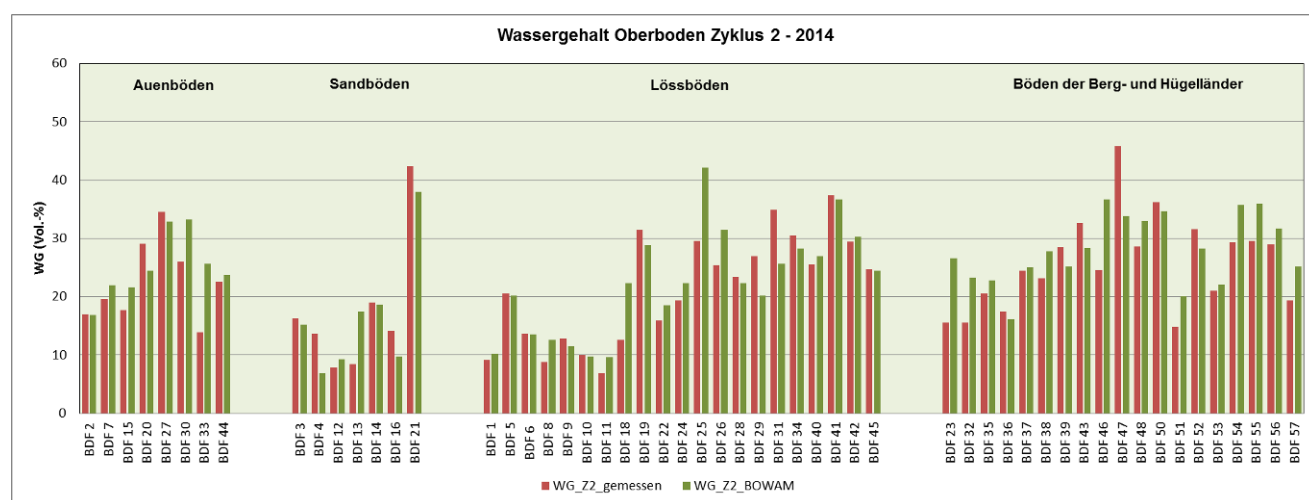
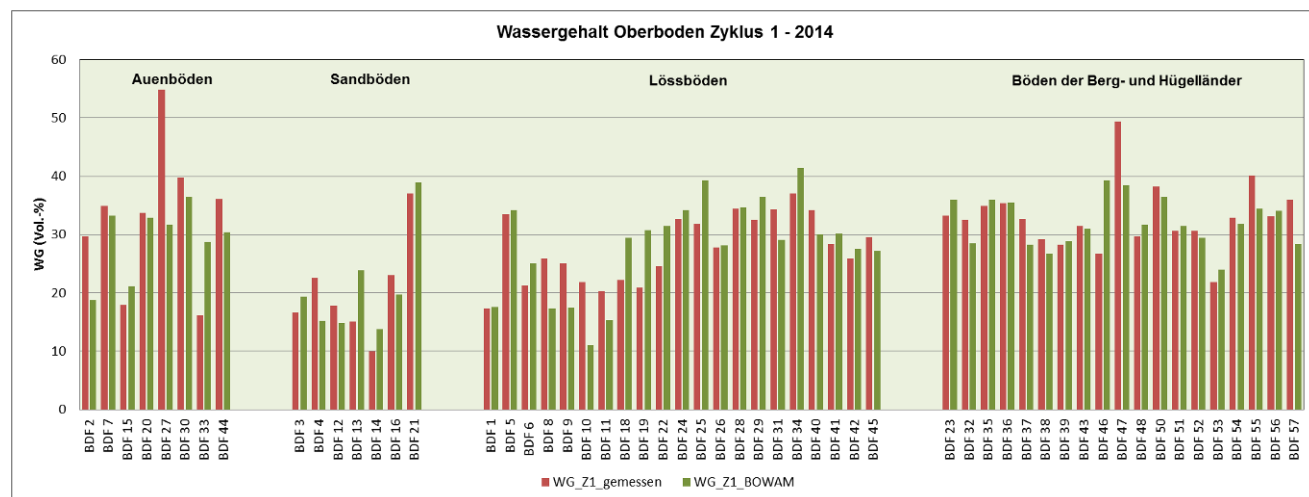
Anlage 10: Übersicht der gemessenen und modellierten Wassergehalte der Oberböden 2013



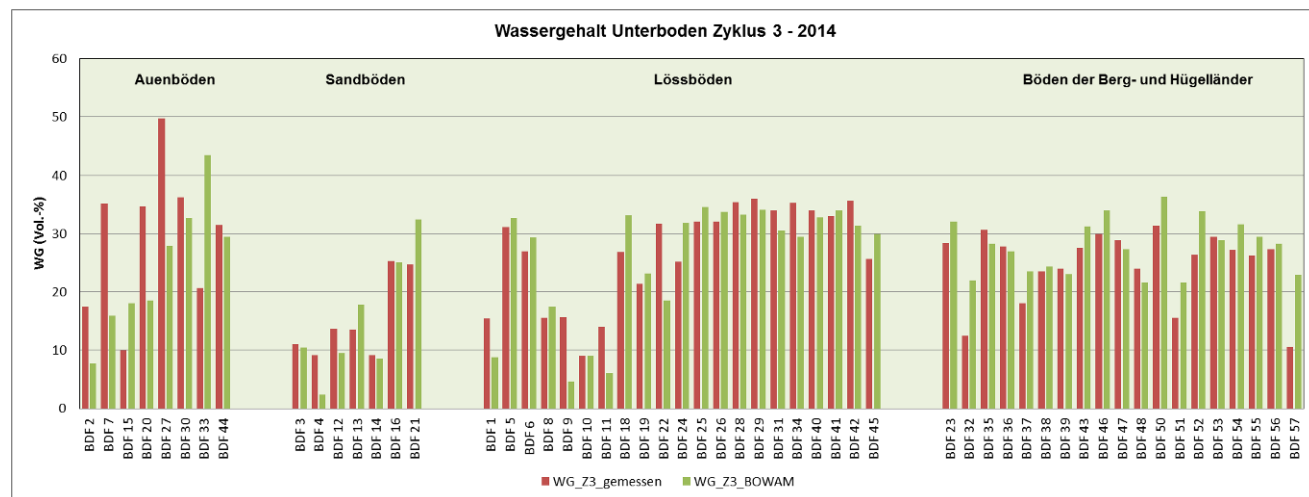
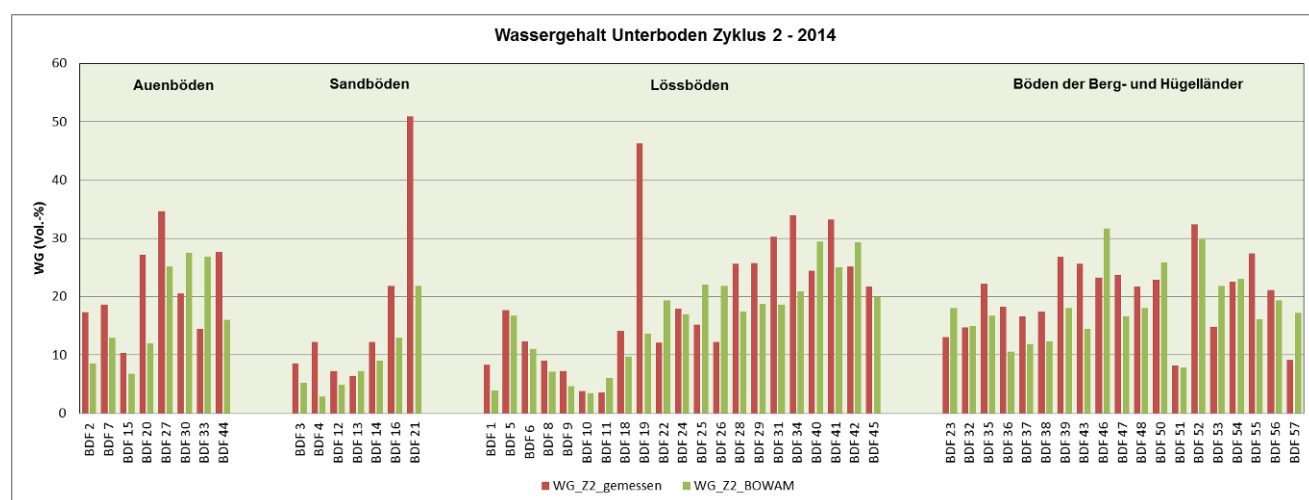
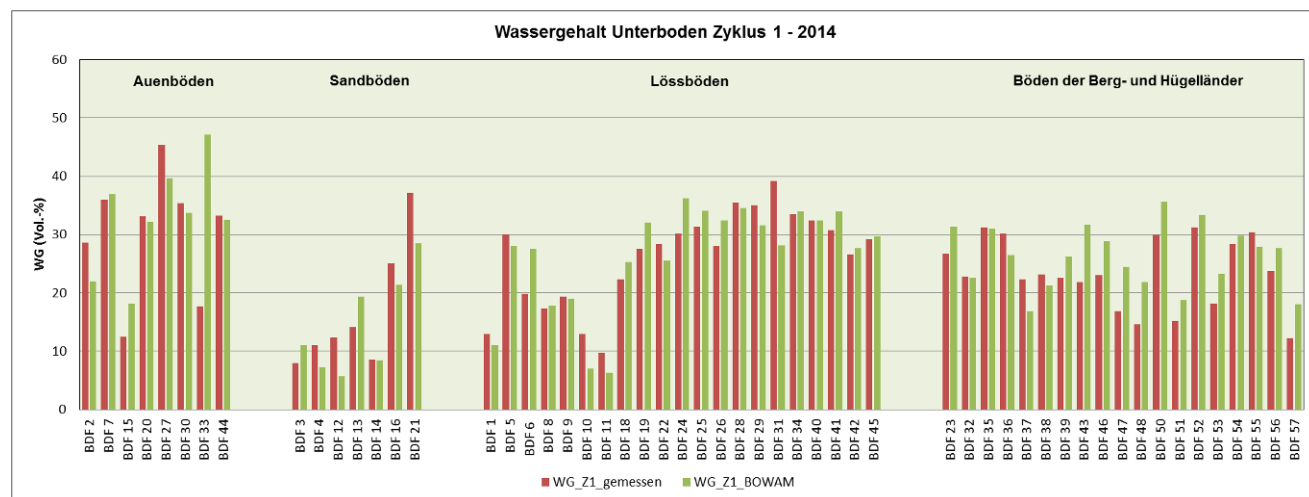
Anlage 11: Übersicht der gemessenen und modellierten Wassergehalte der Unterböden 2013



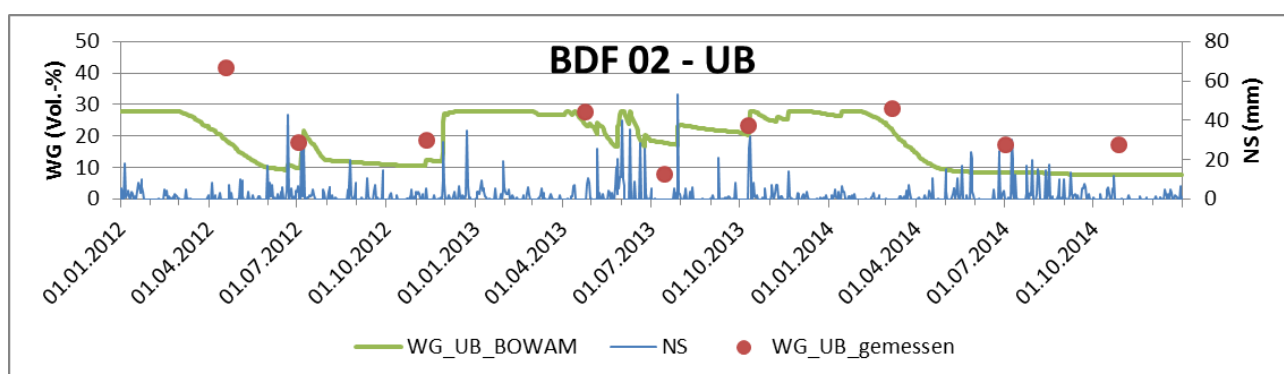
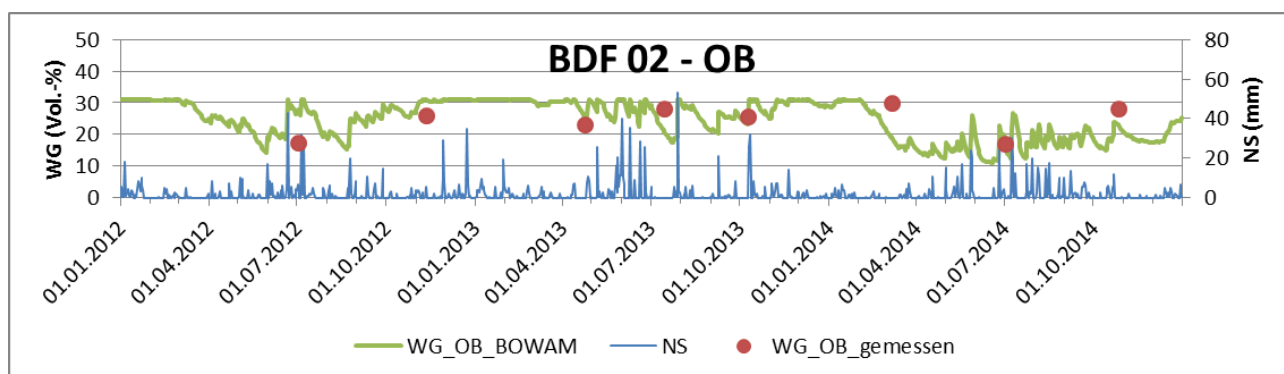
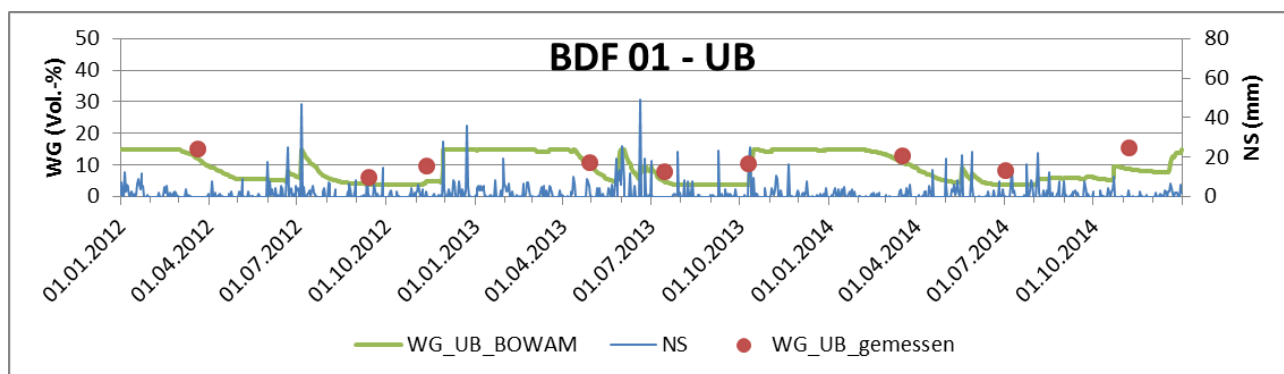
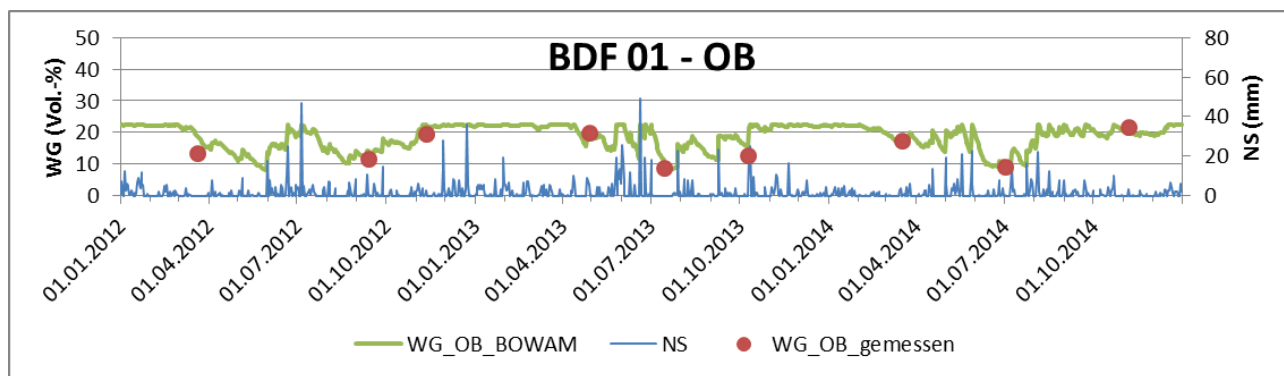
Anlage 12: Übersicht der gemessenen und modellierten Wassergehalte der Oberböden 2014

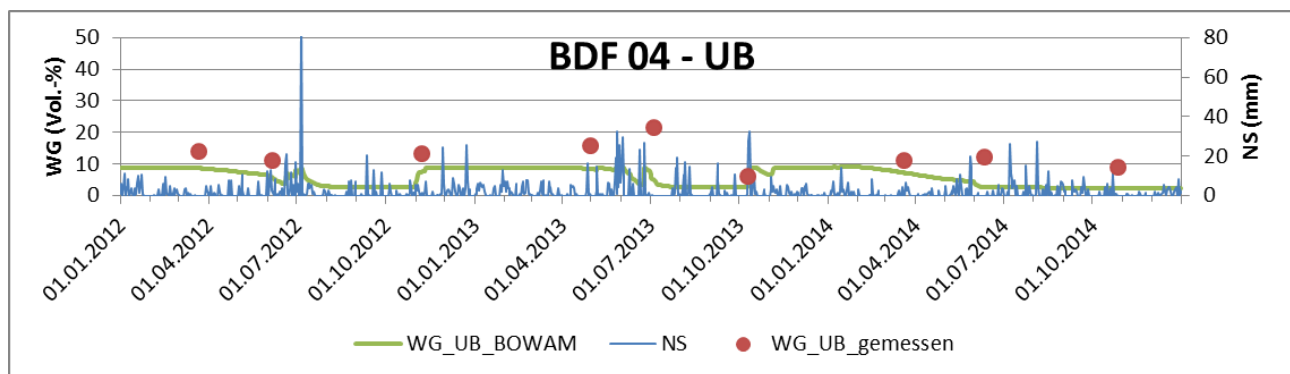
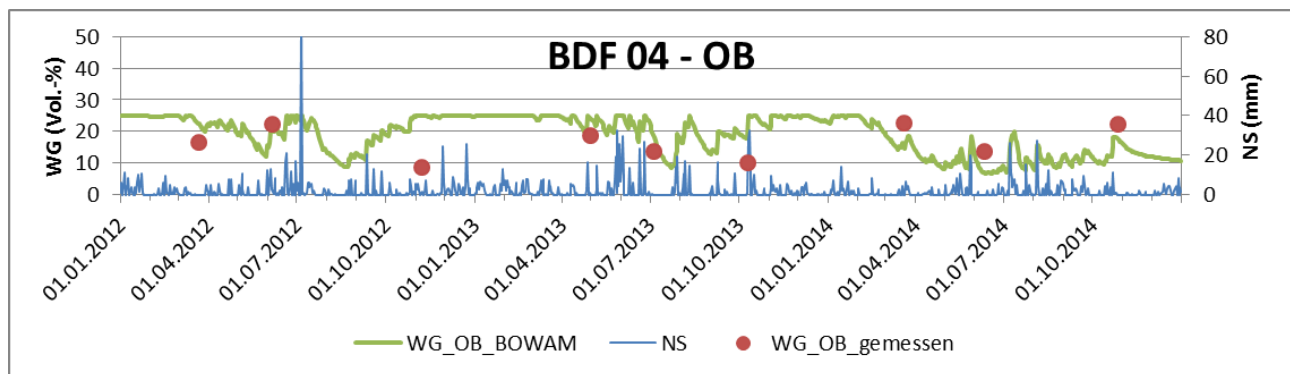
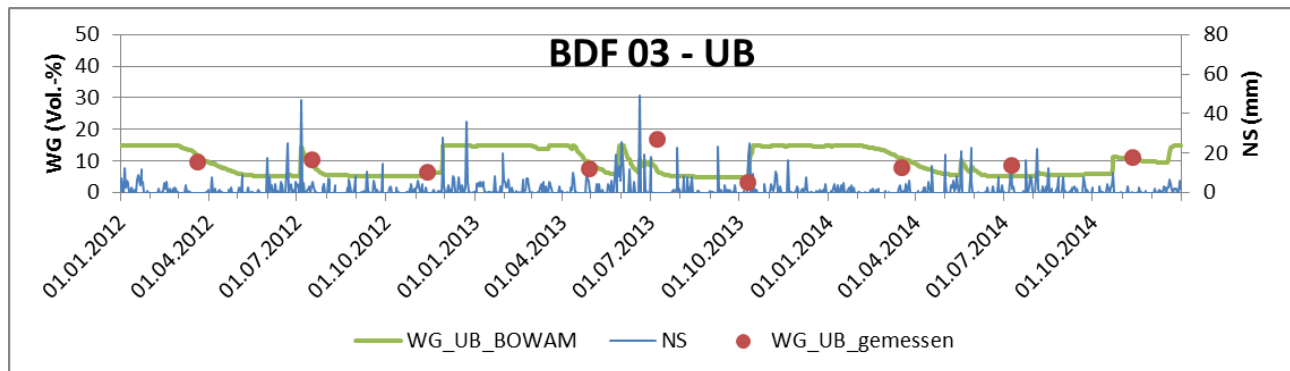
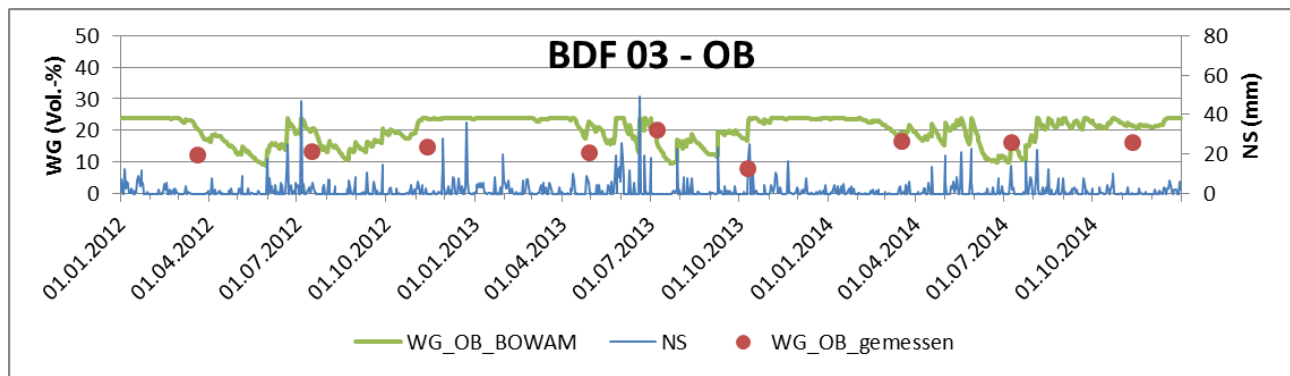


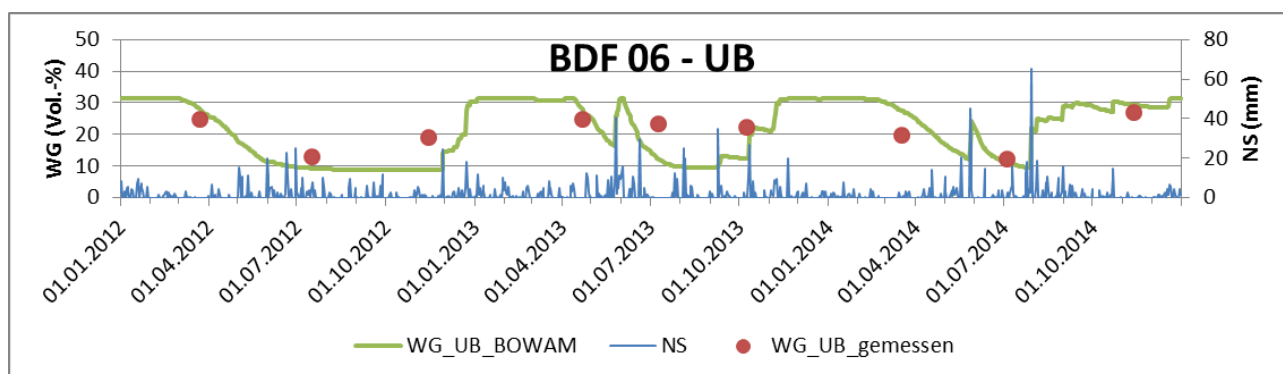
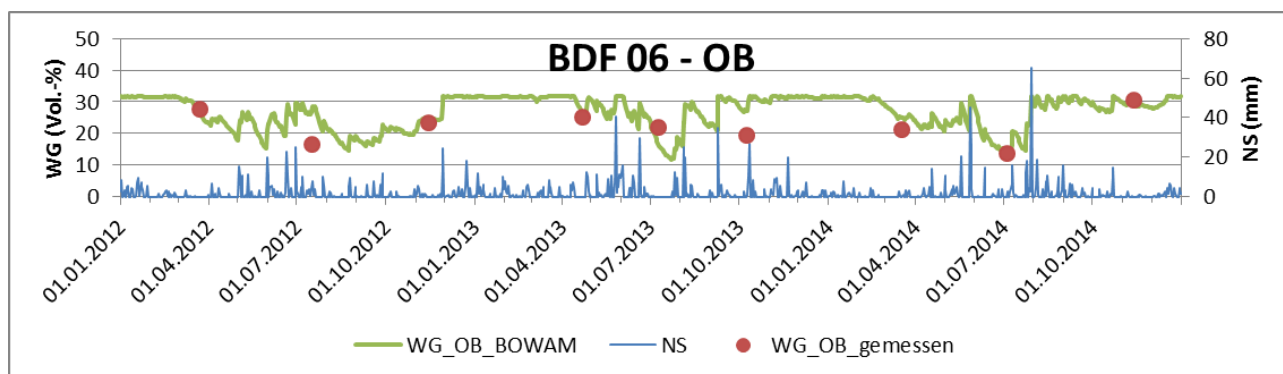
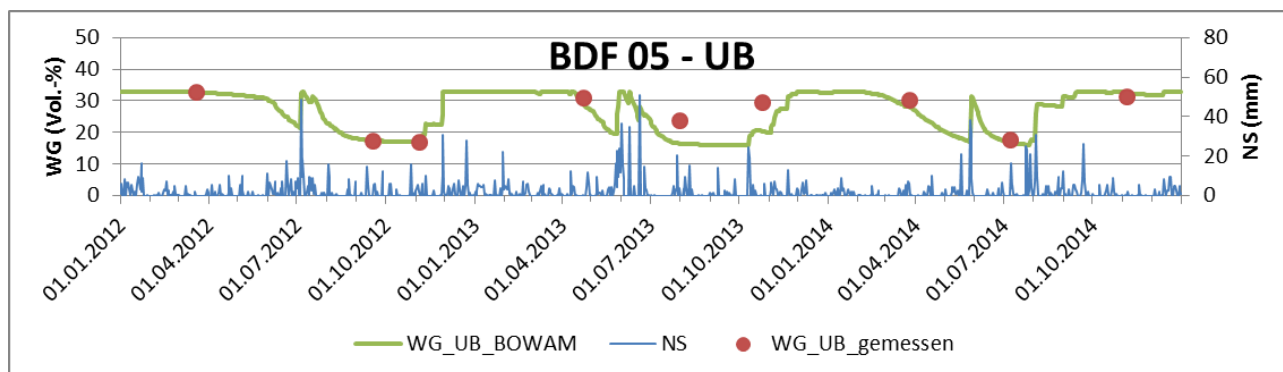
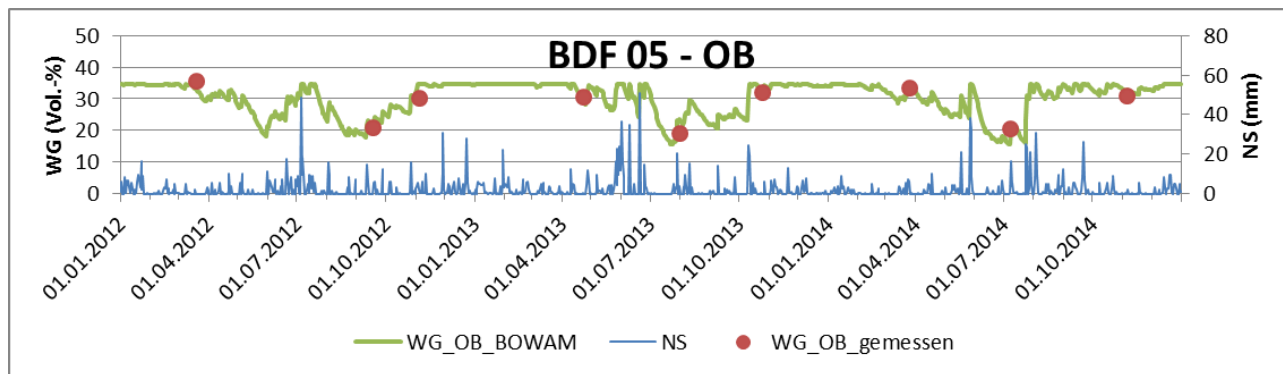
Anlage 13: Übersicht der gemessenen und modellierten Wassergehalte der Unterböden 2014

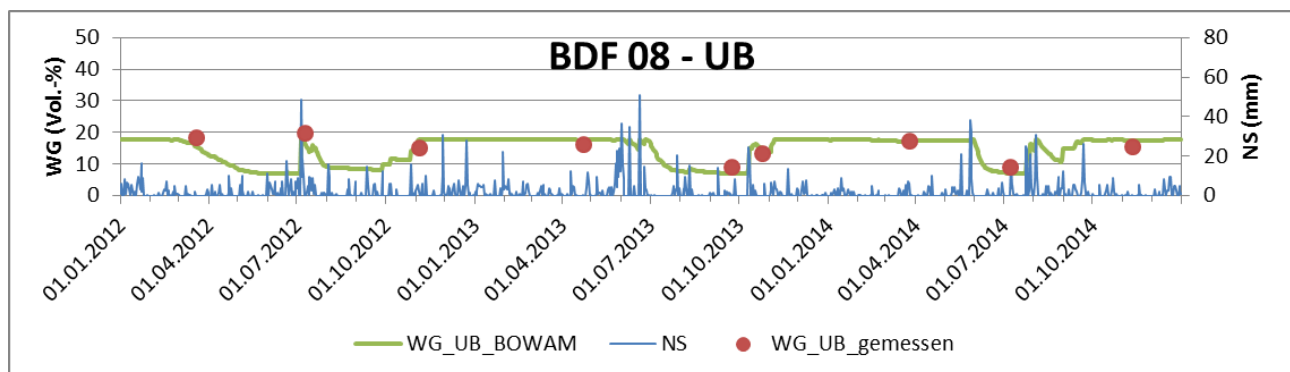
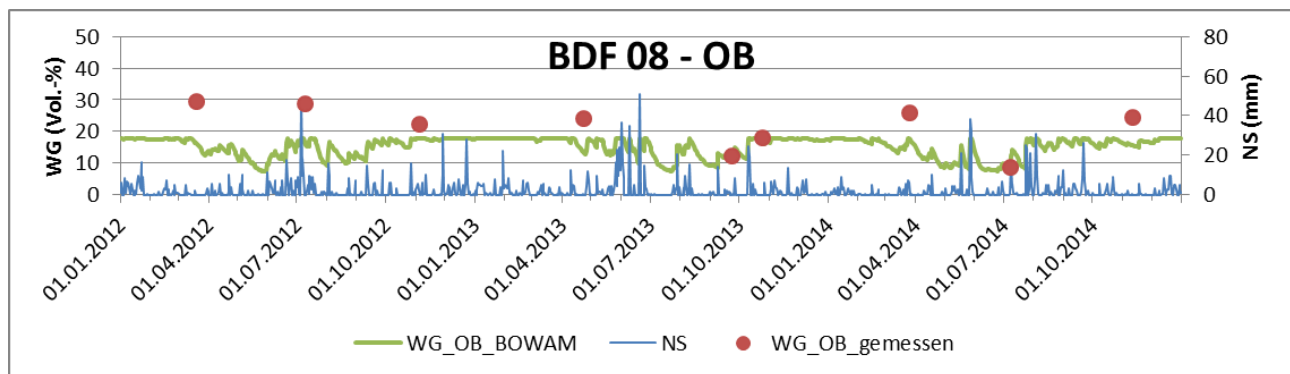
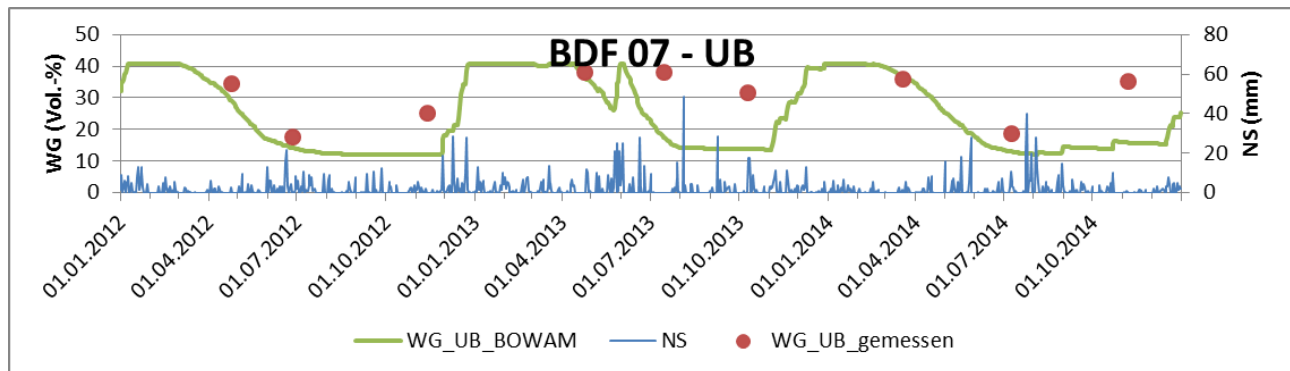
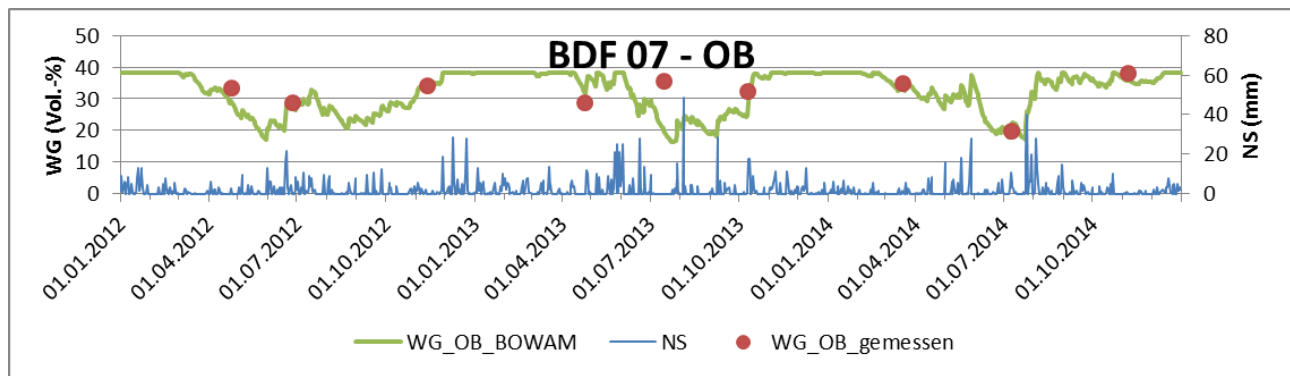


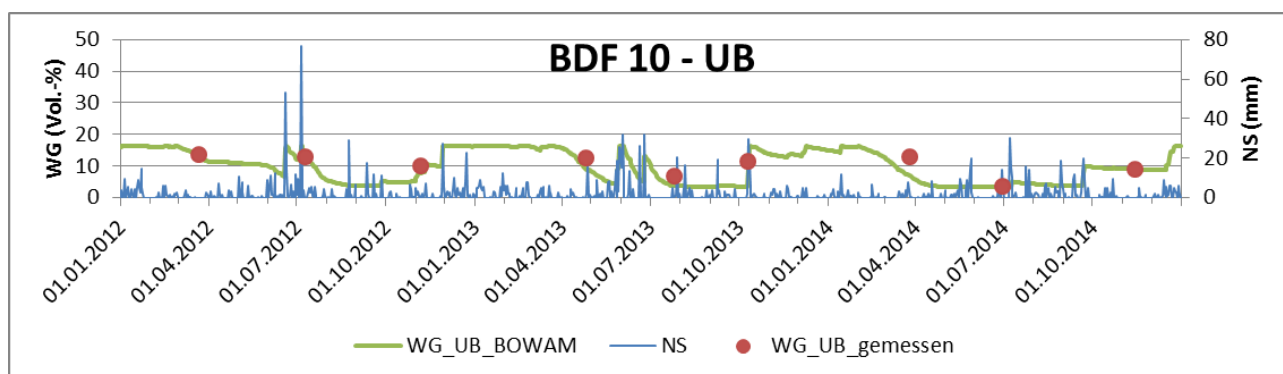
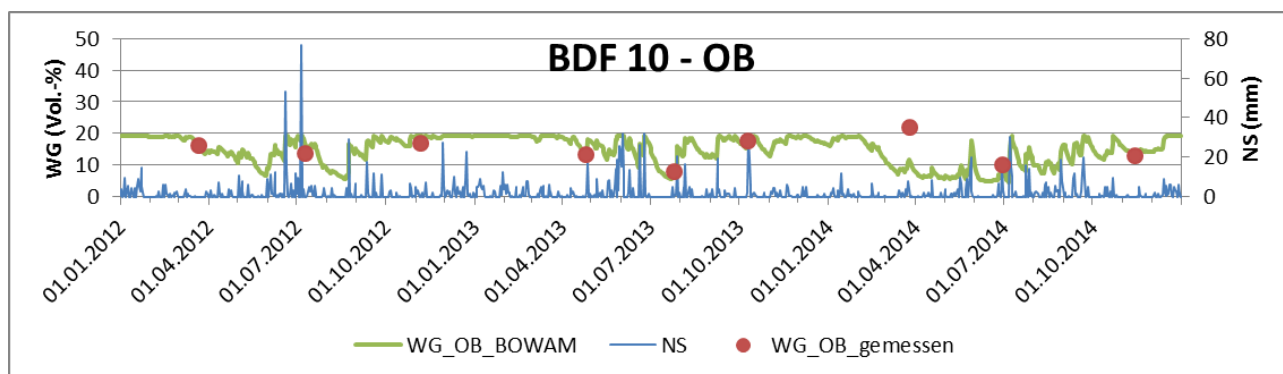
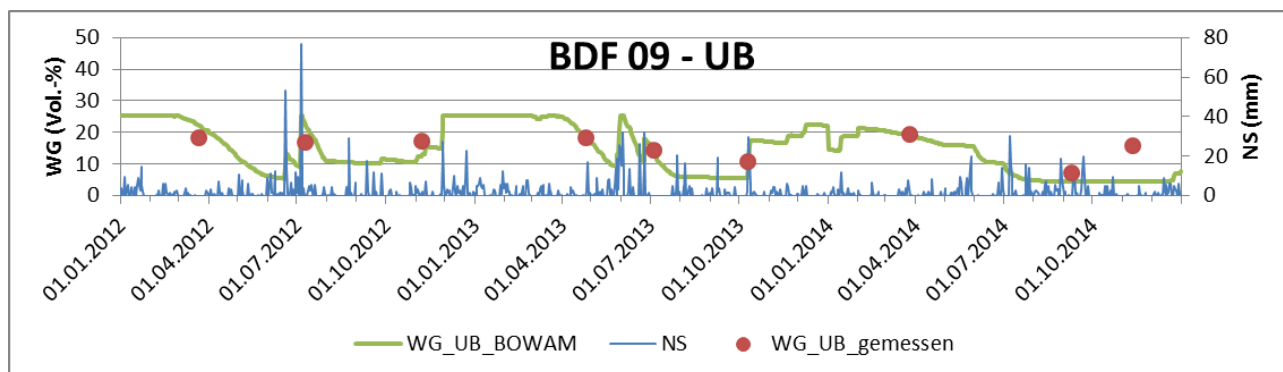
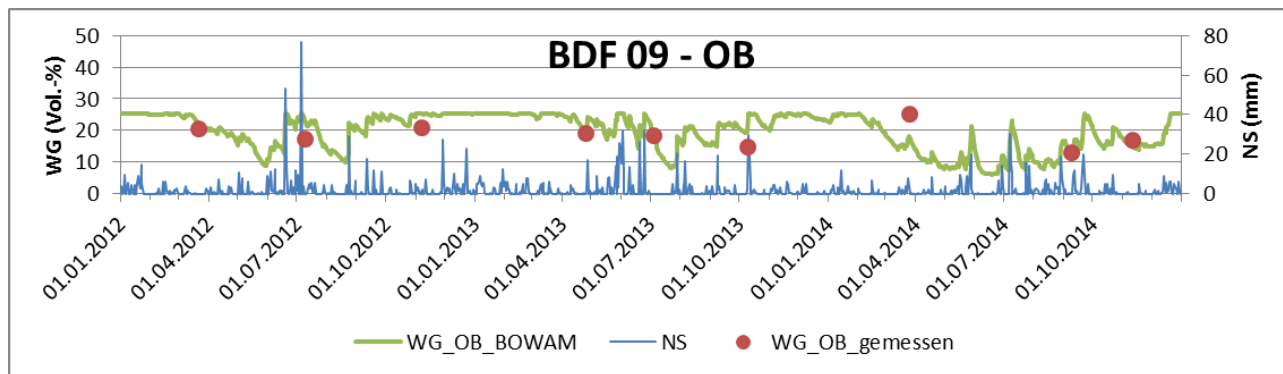
**Anlage 14: Gemessene und modellierte Wassergehalte der Ober- und Unterböden sowie Niederschlags-
summen aller BDF im Jahresverlauf**

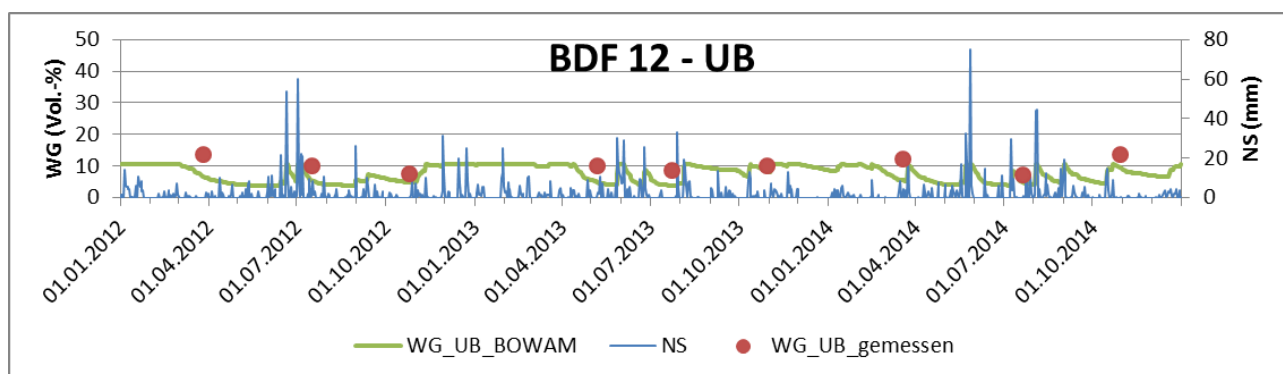
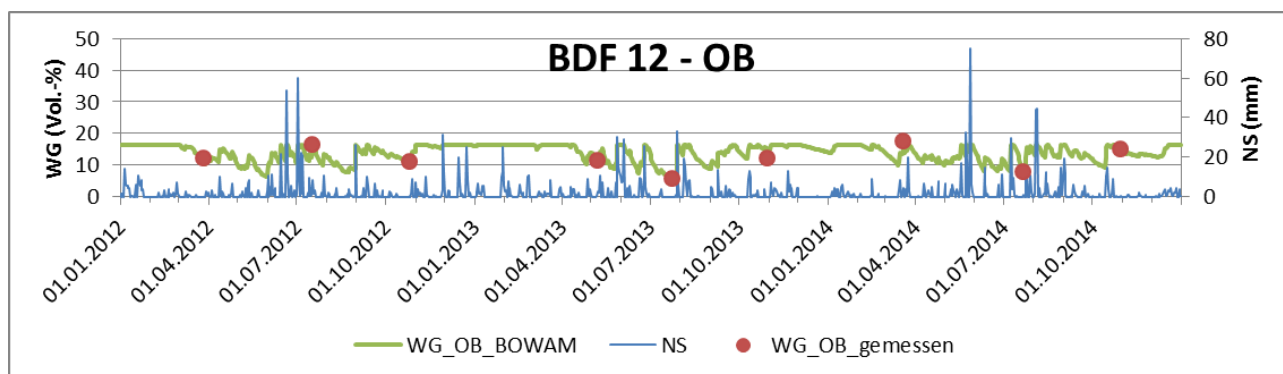
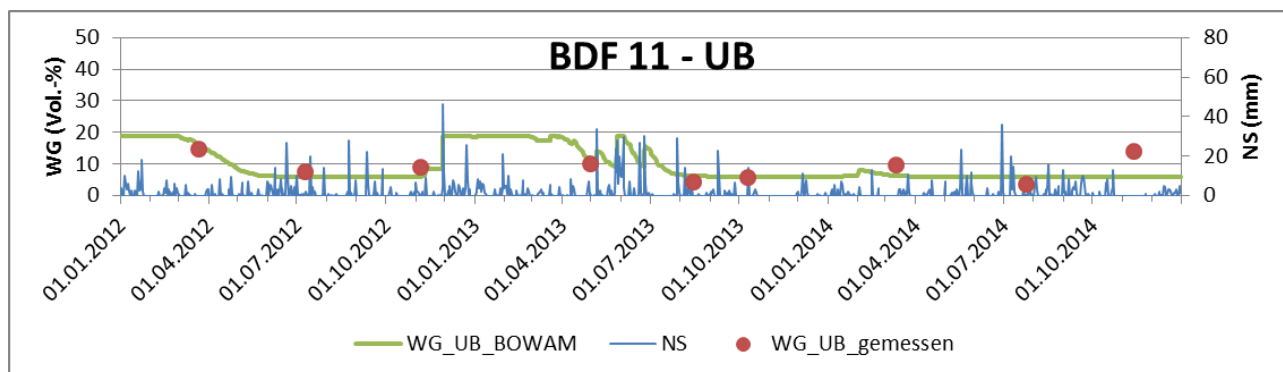
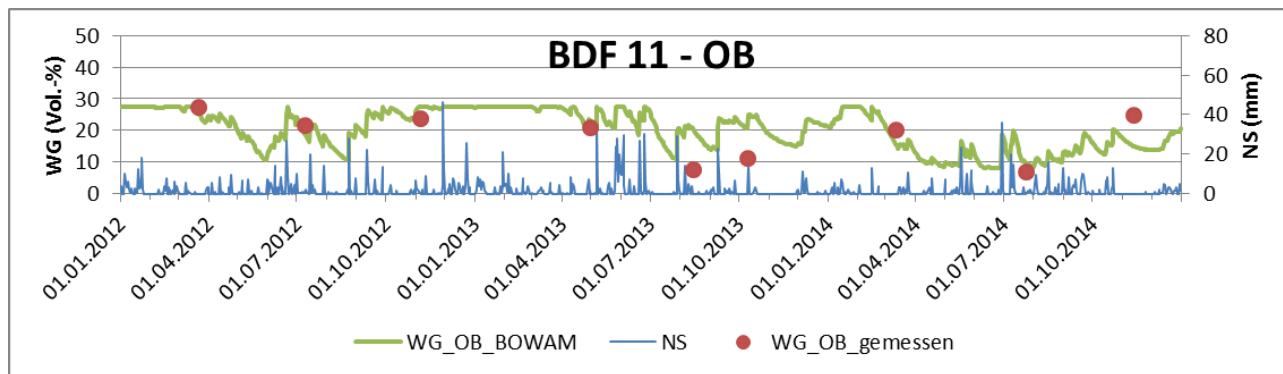


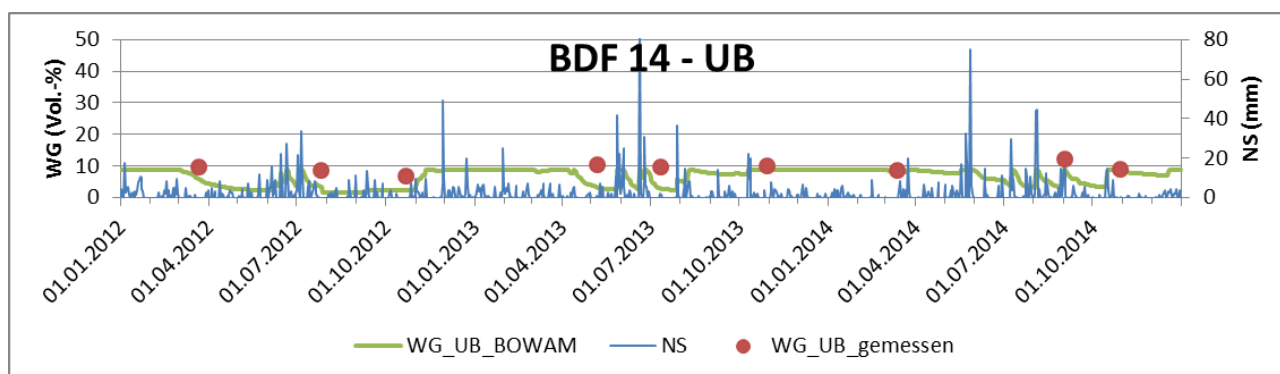
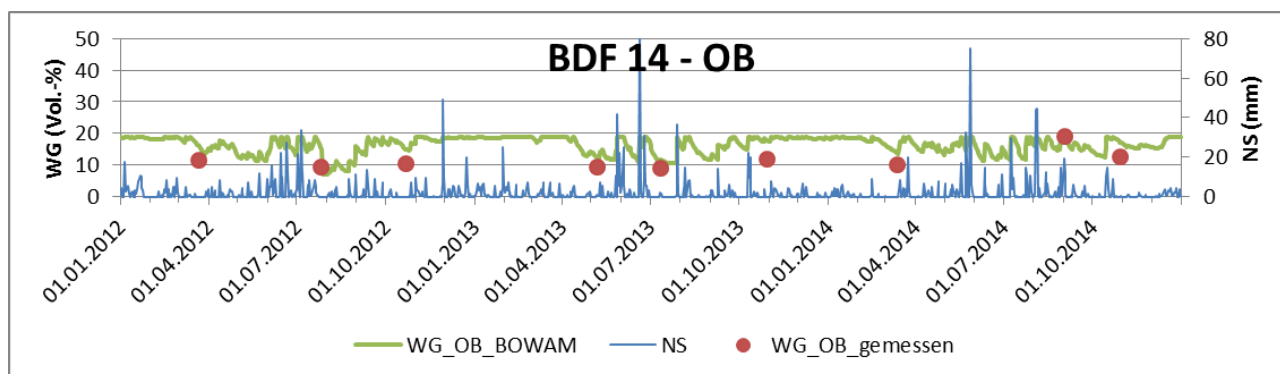
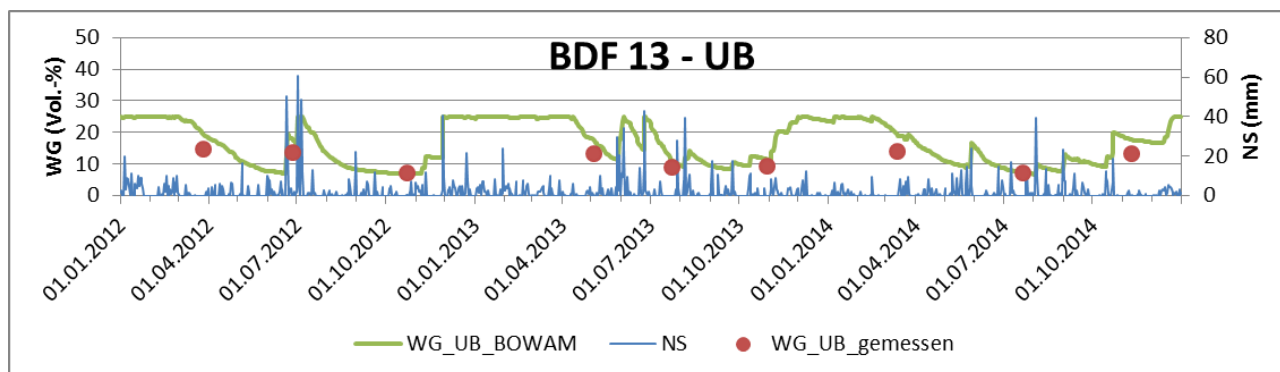
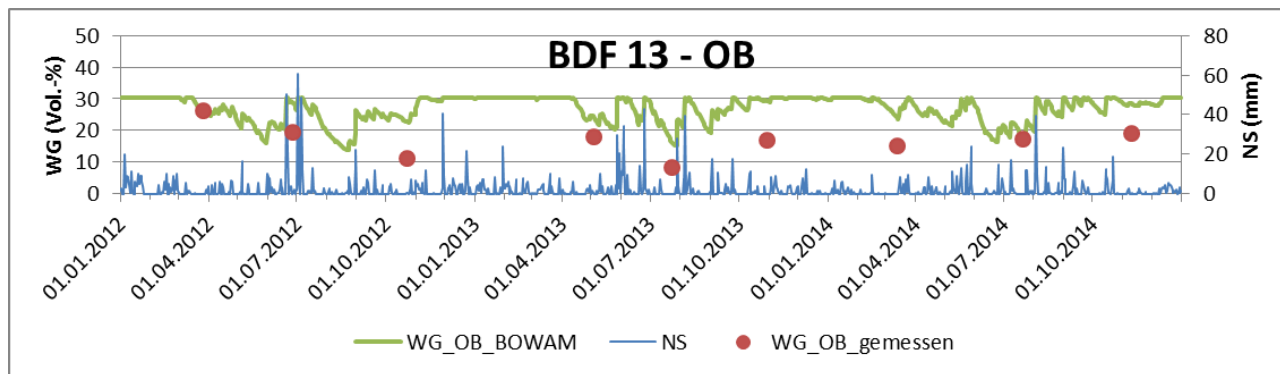


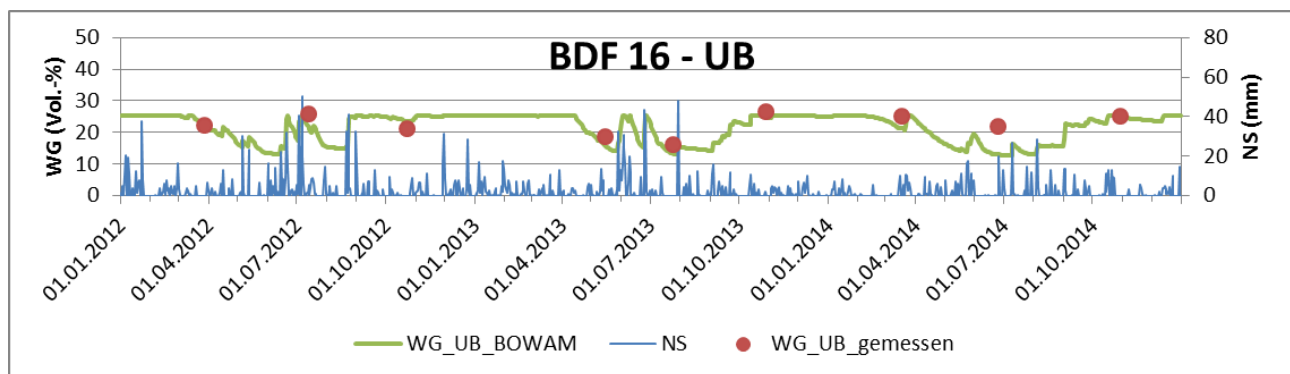
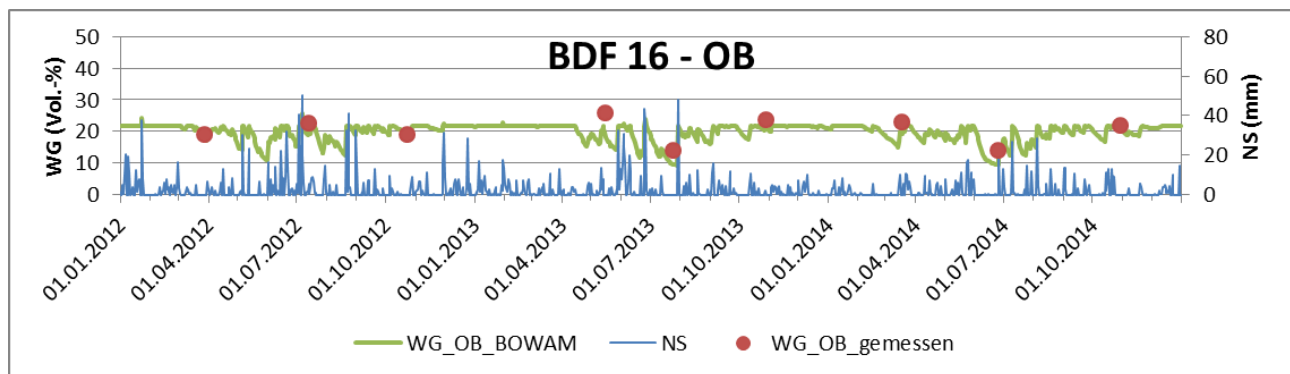
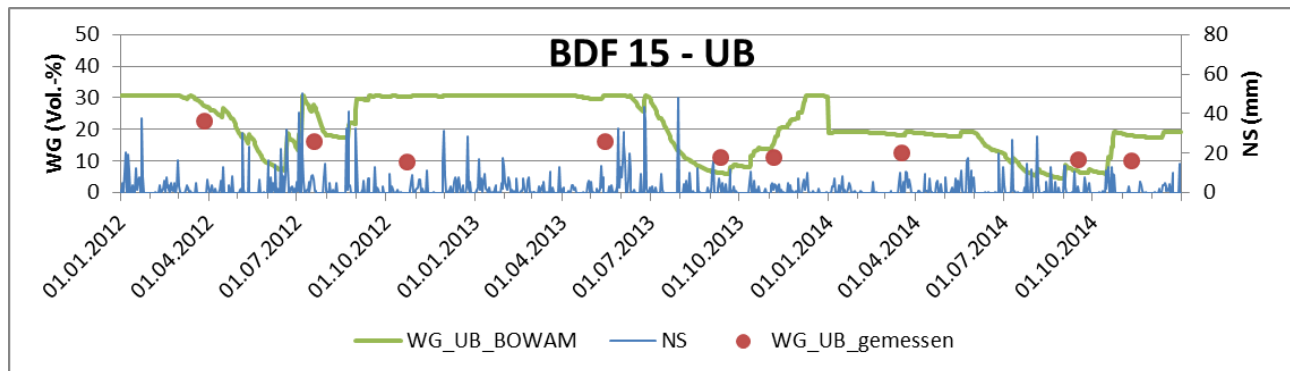
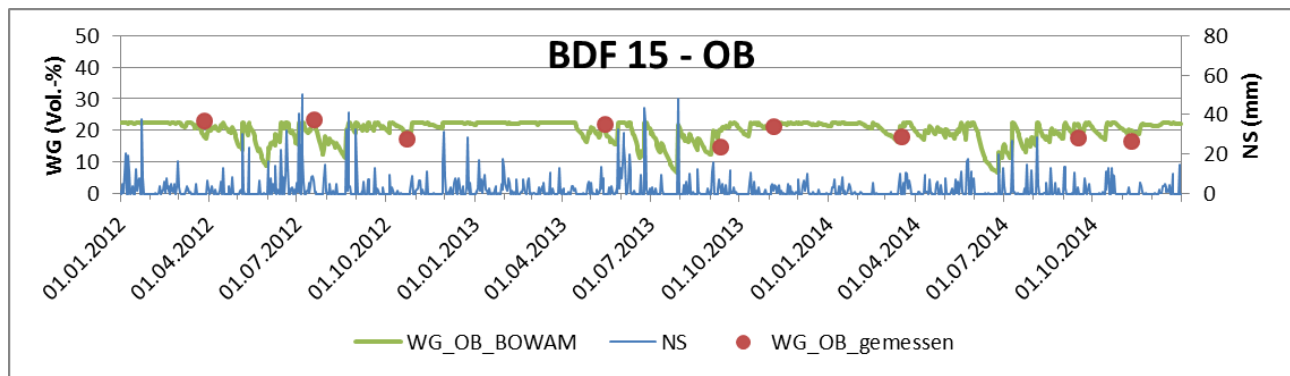


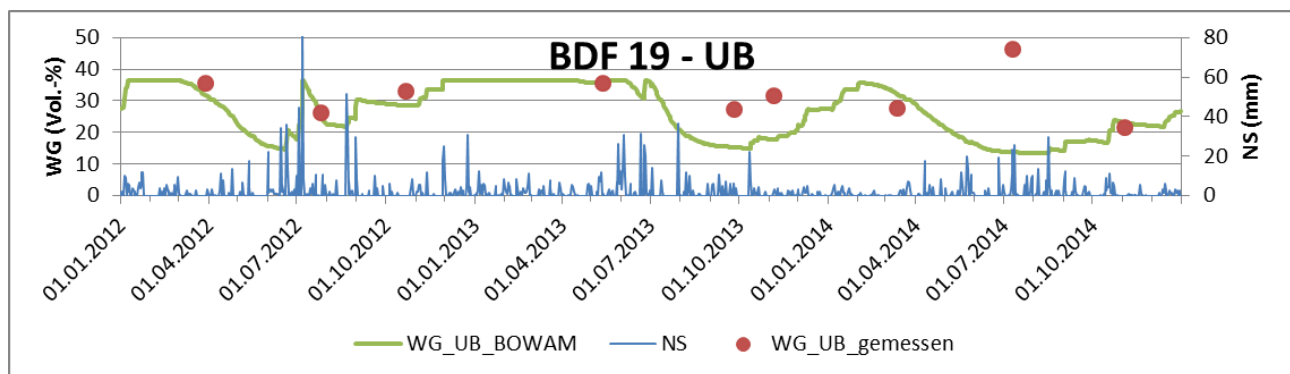
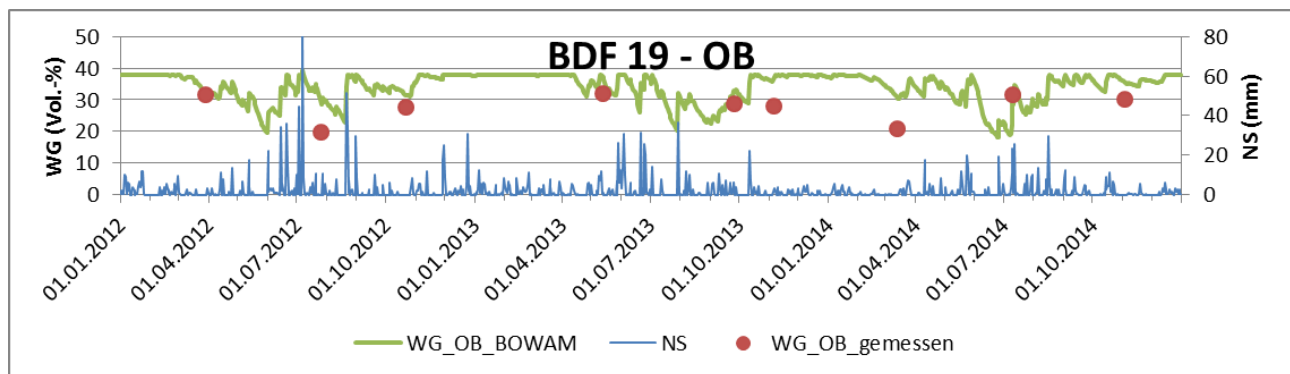
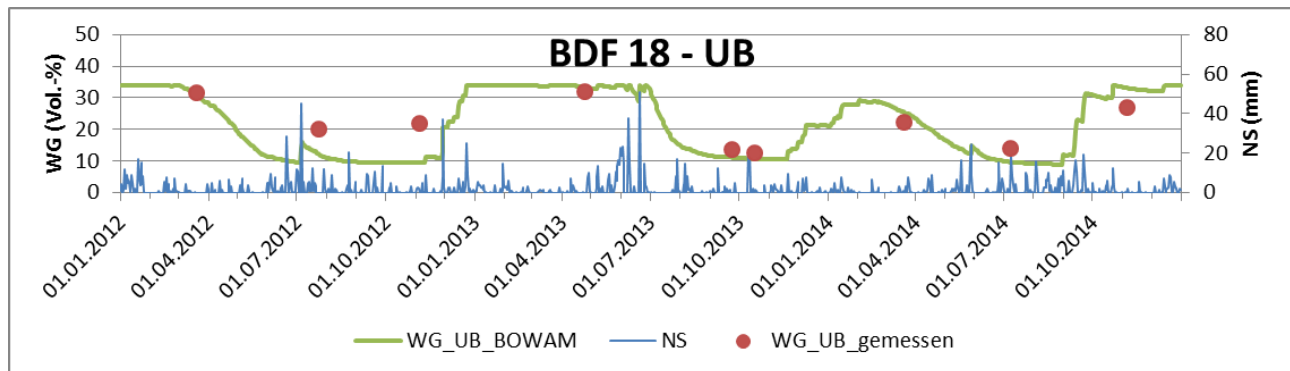
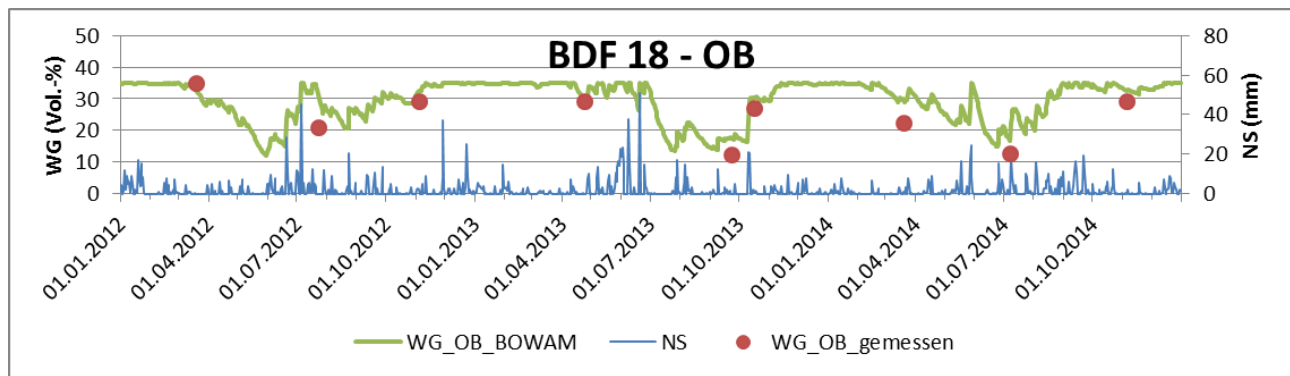


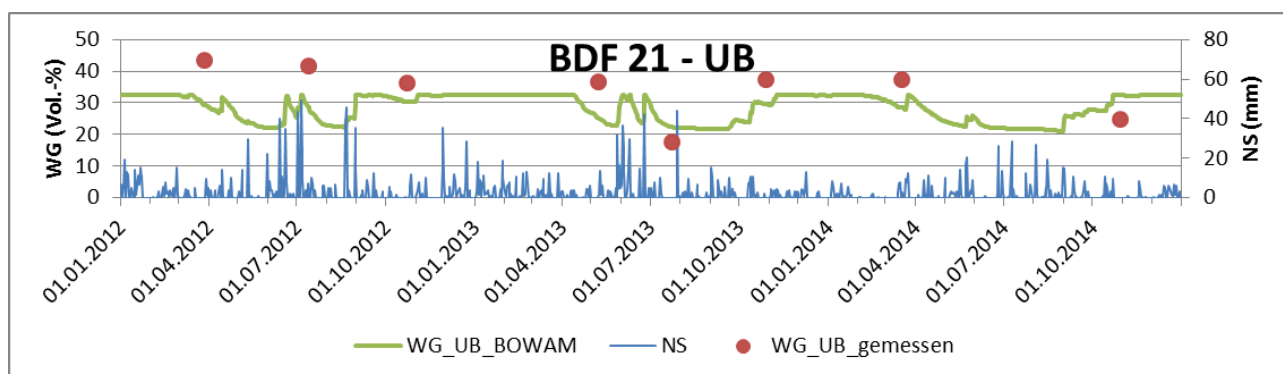
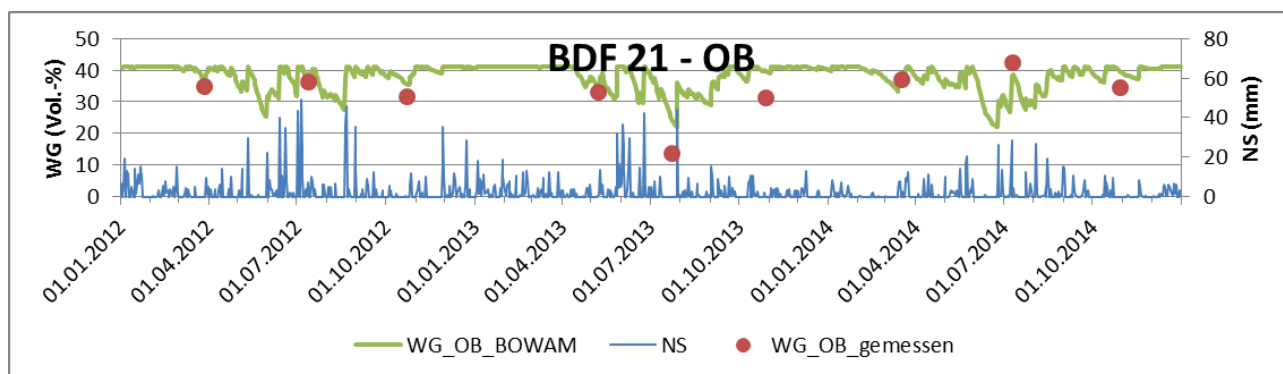
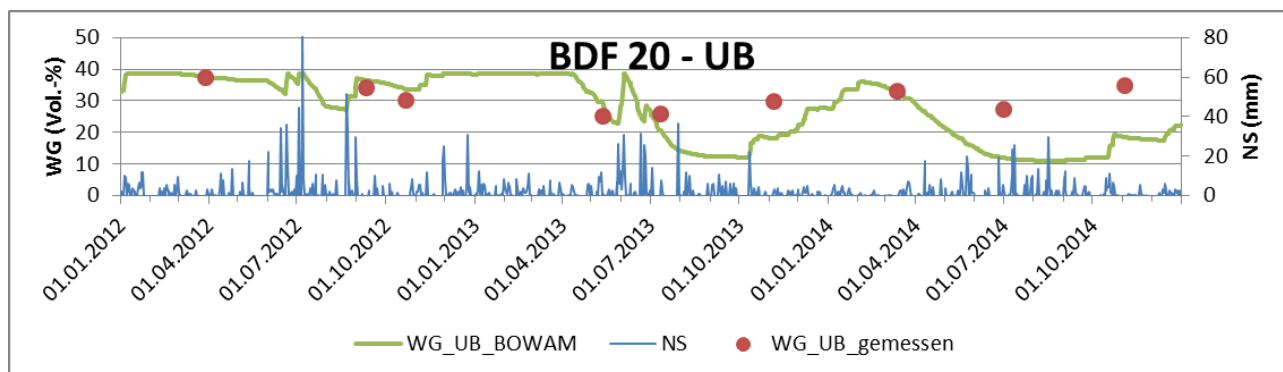
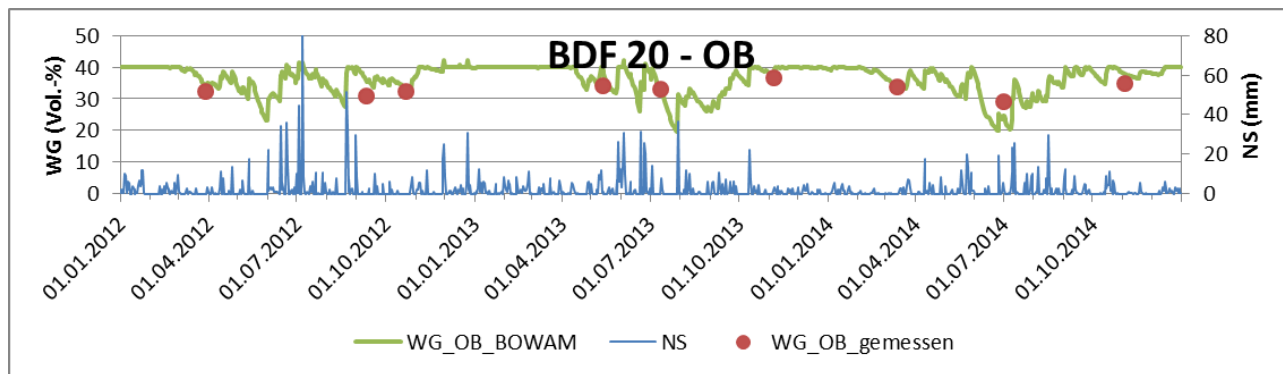


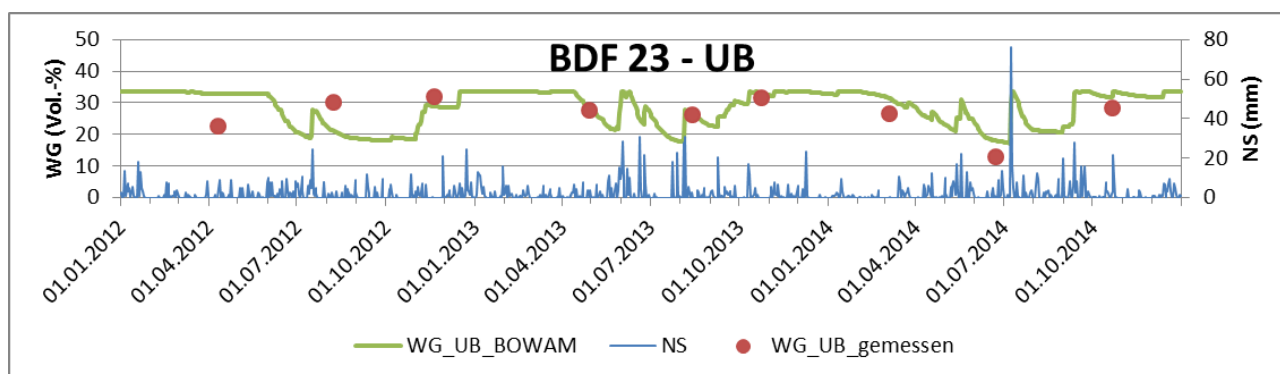
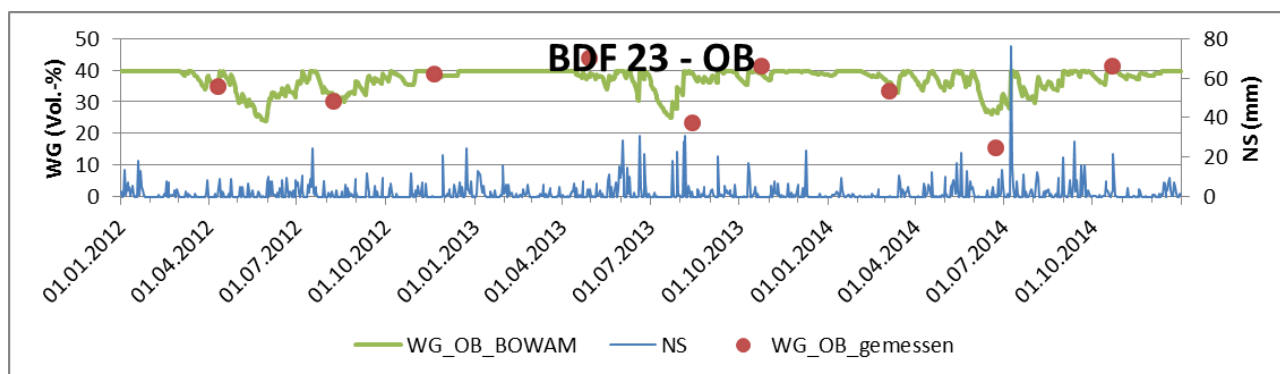
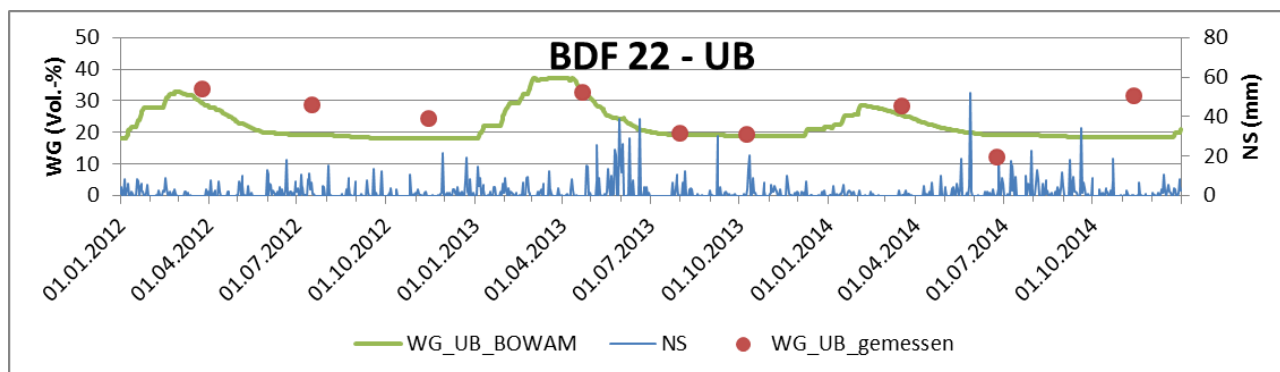
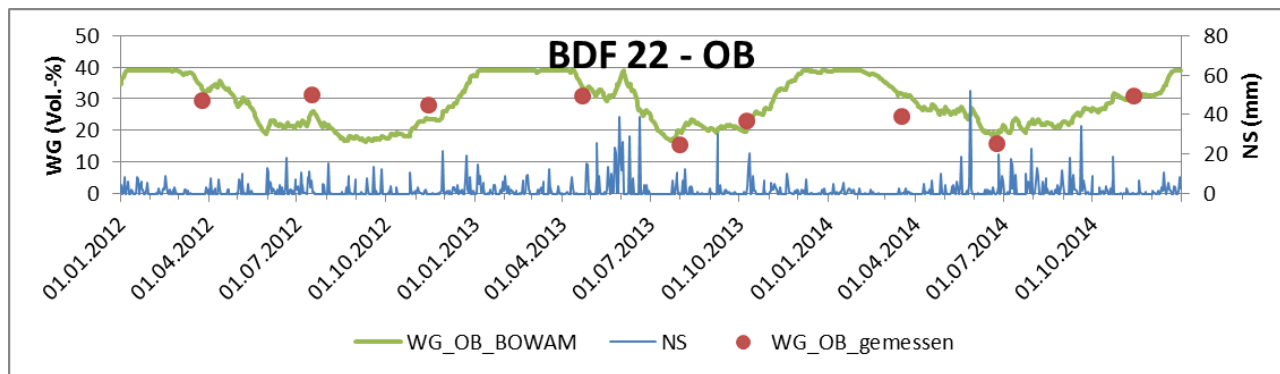


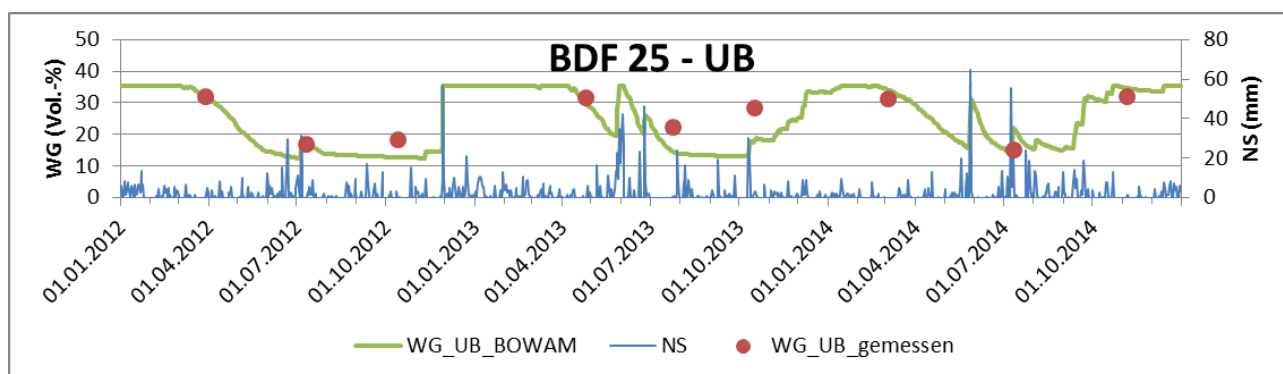
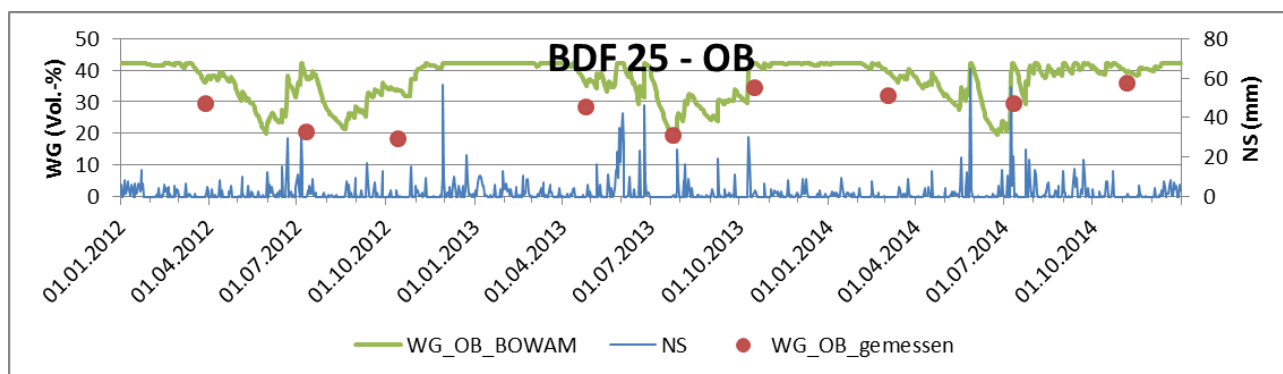
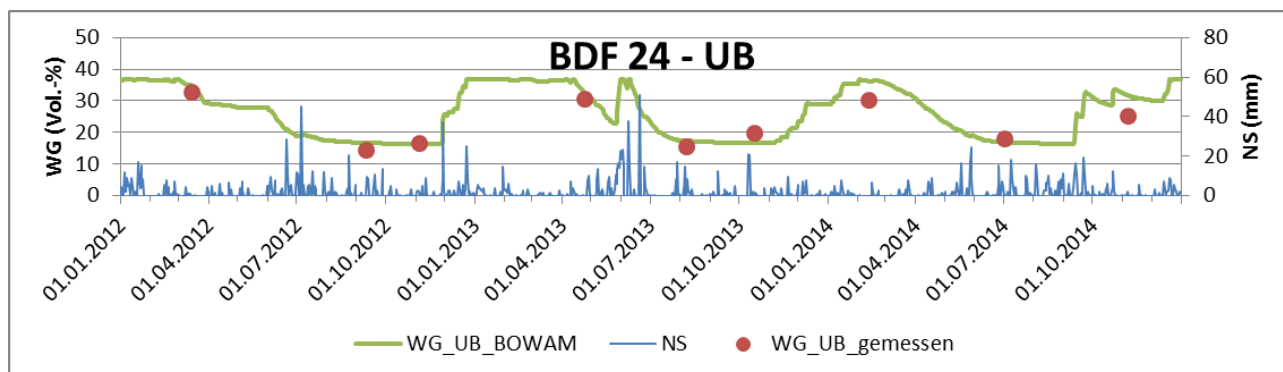
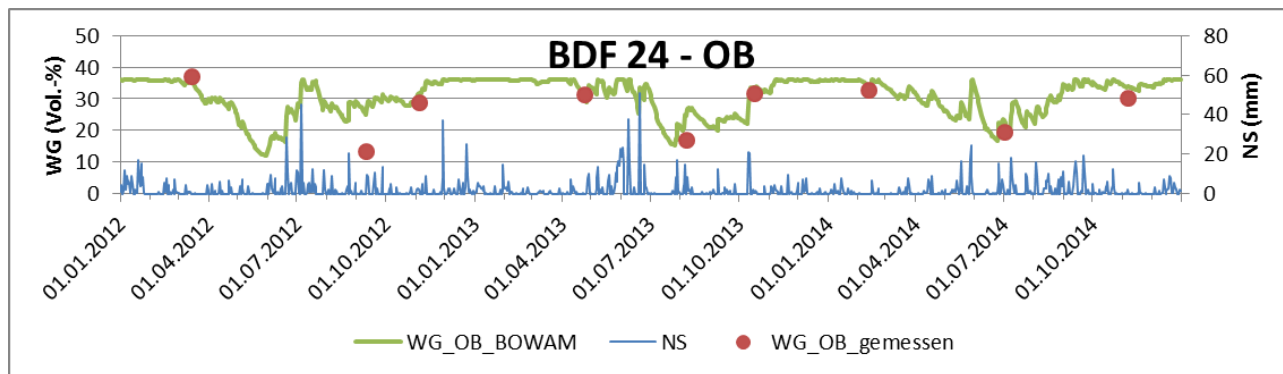


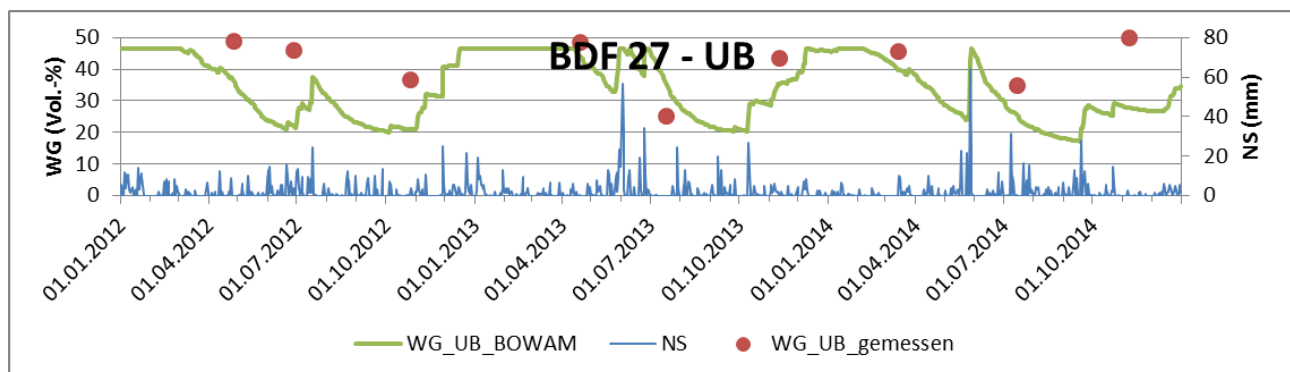
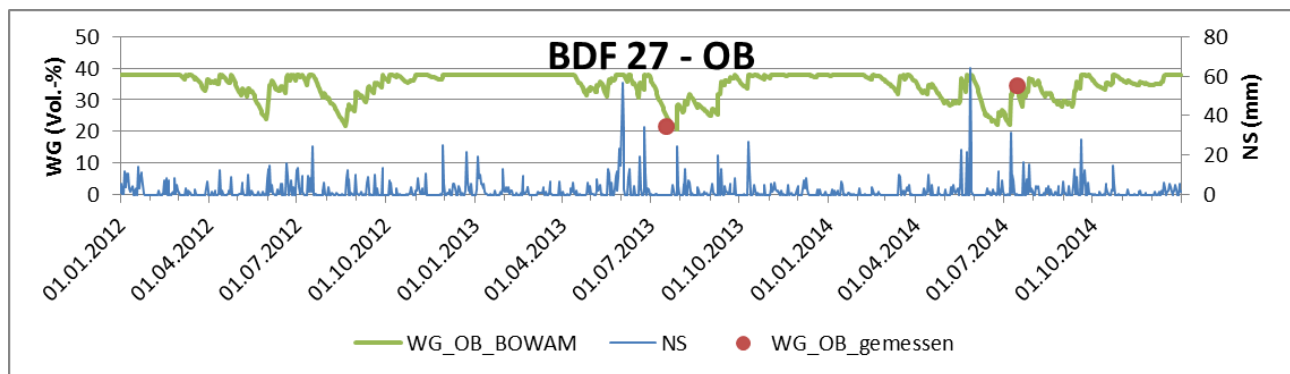
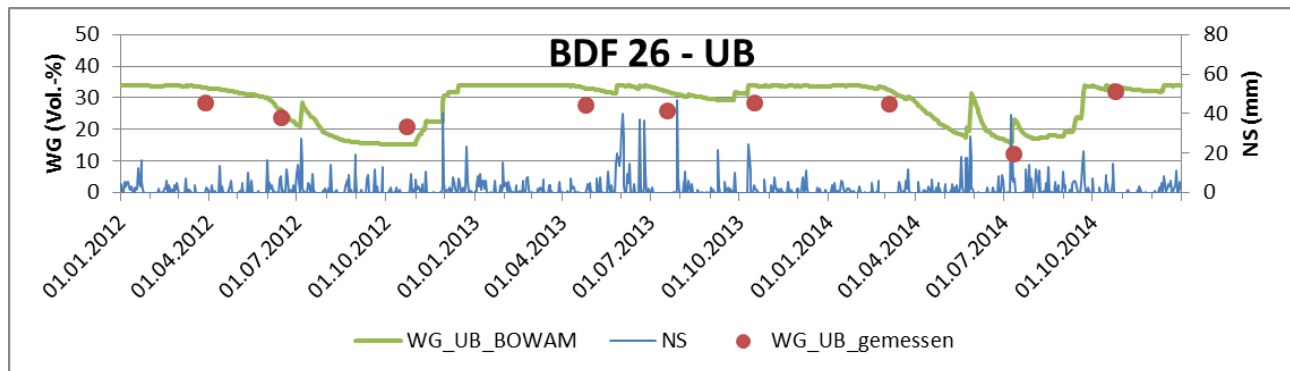
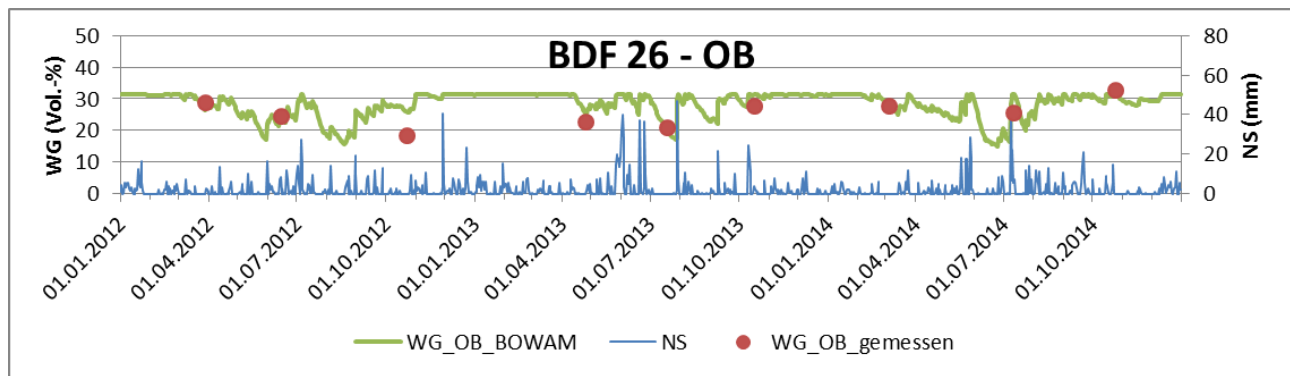


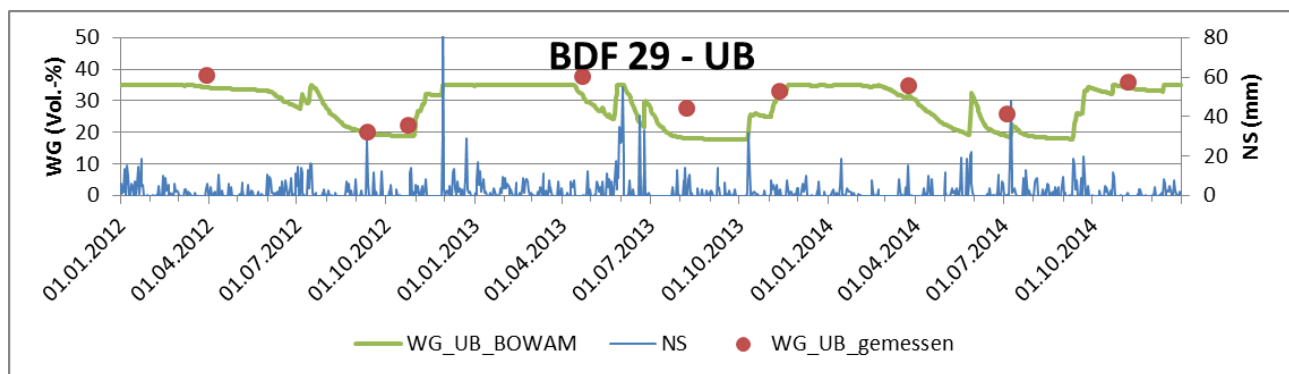
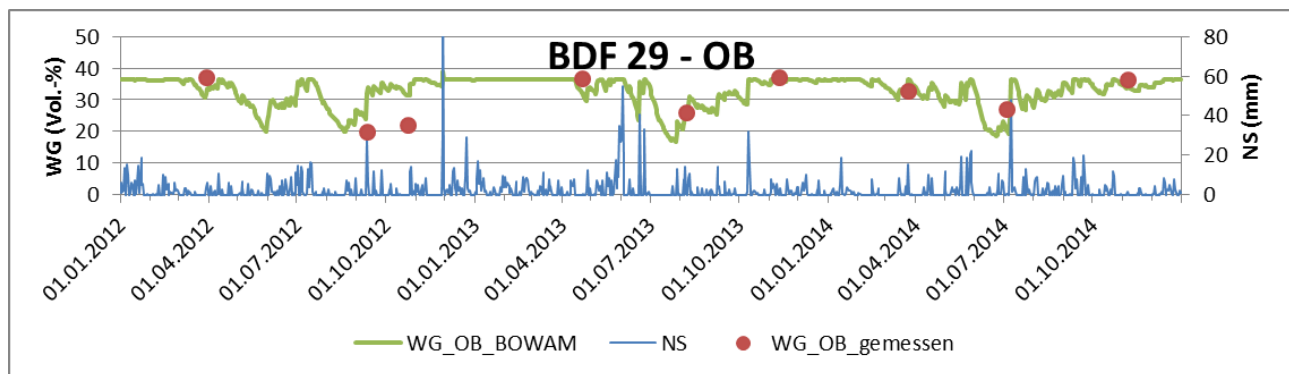
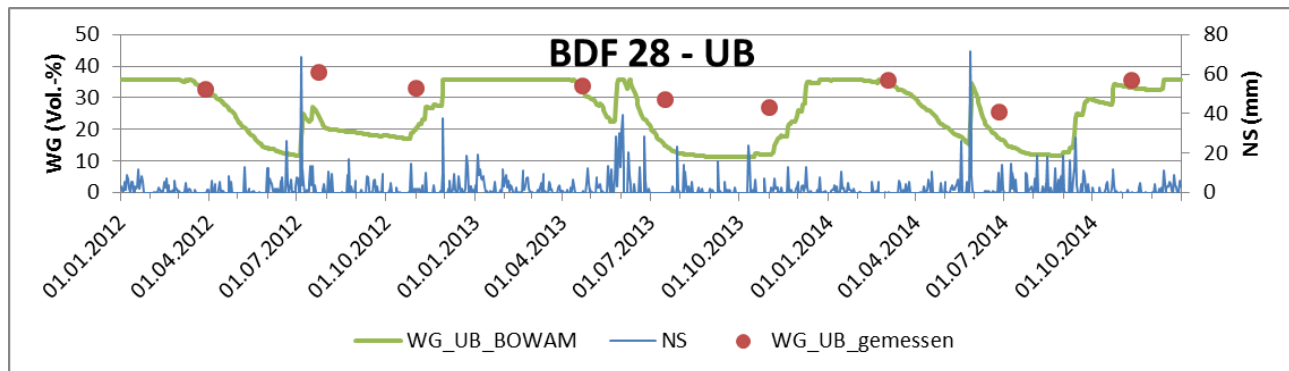
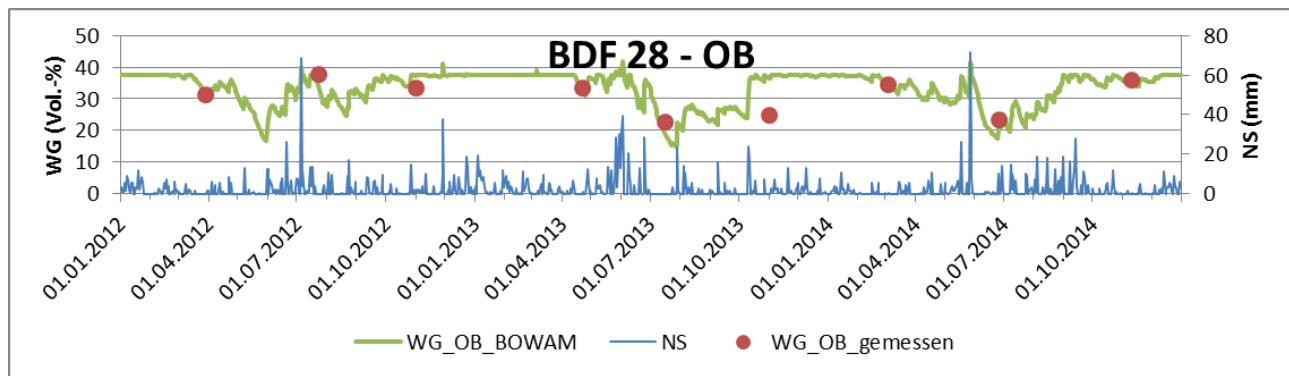


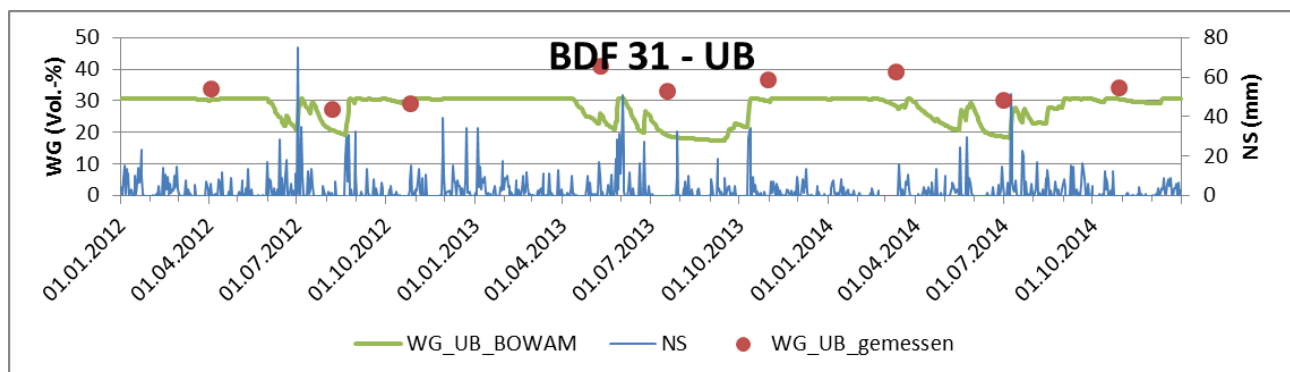
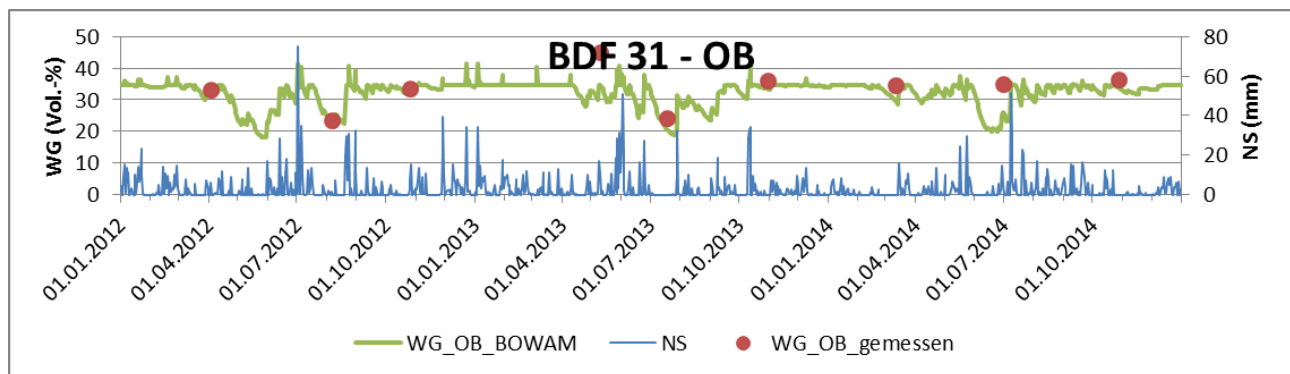
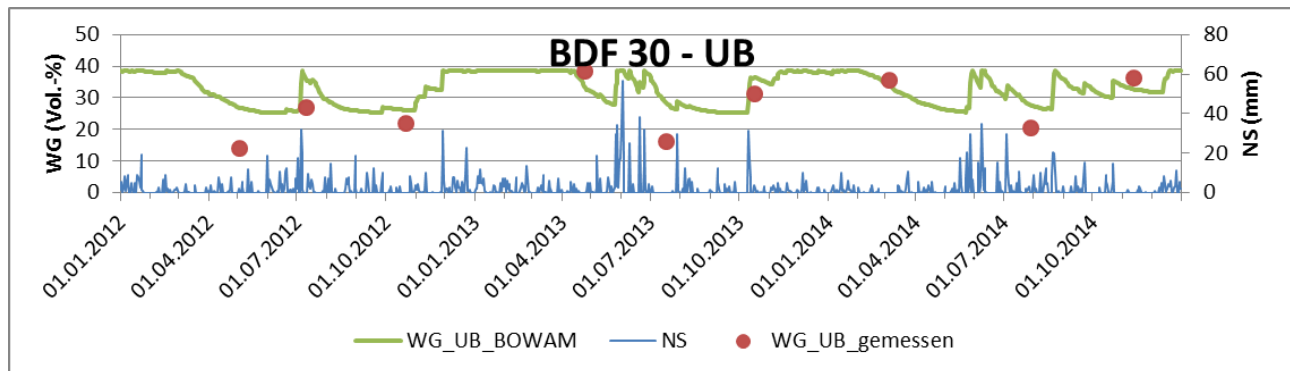
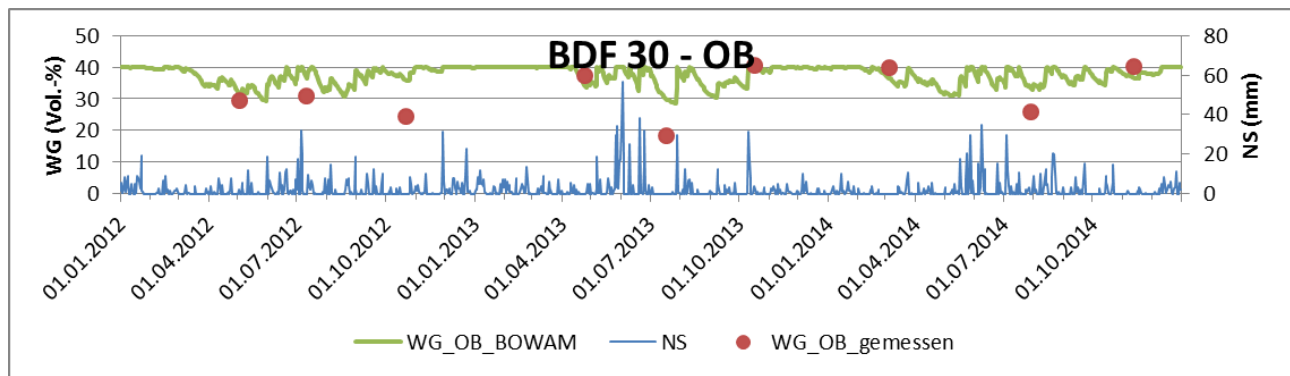


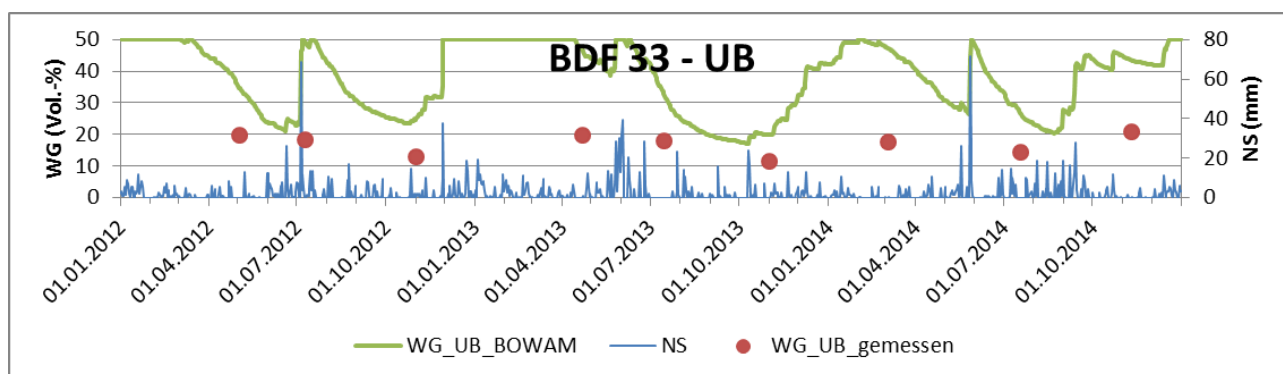
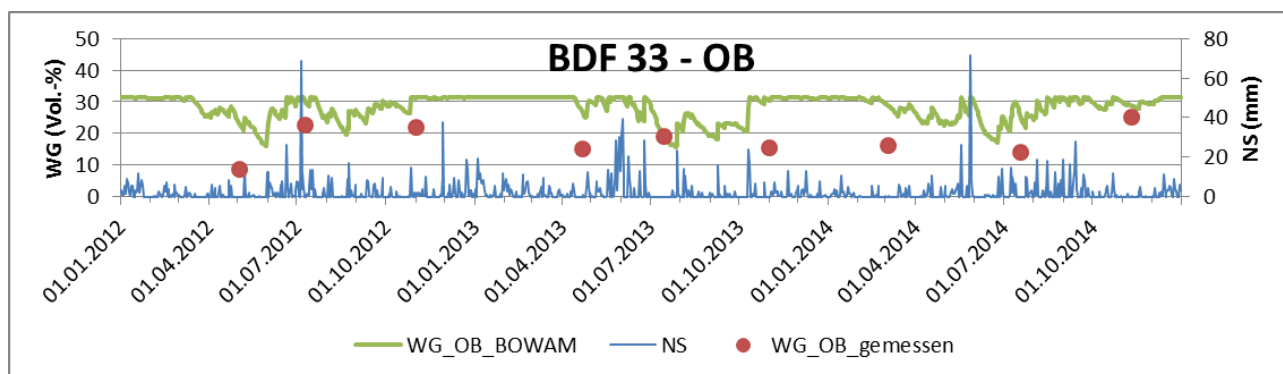
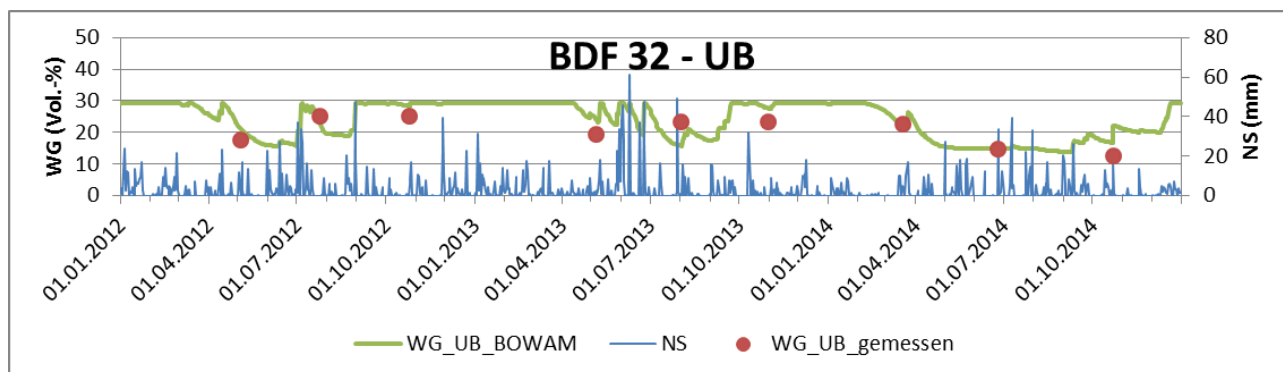
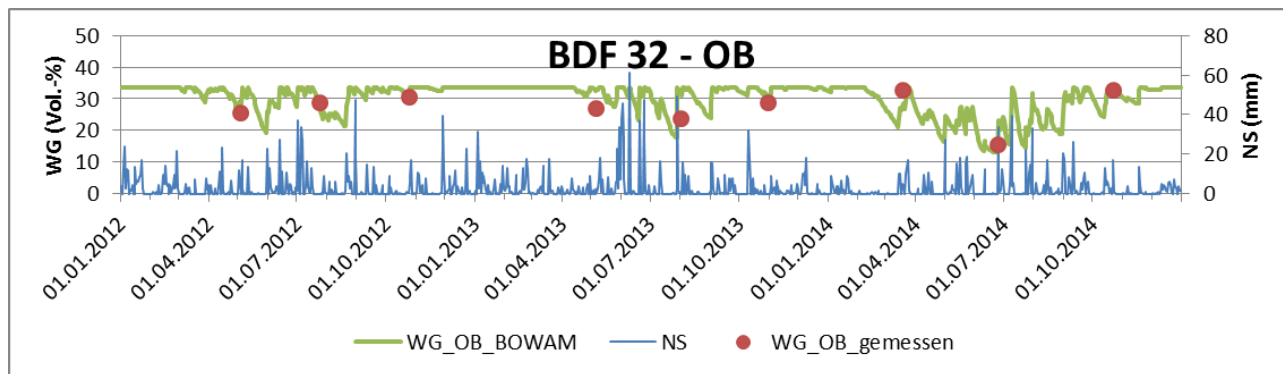


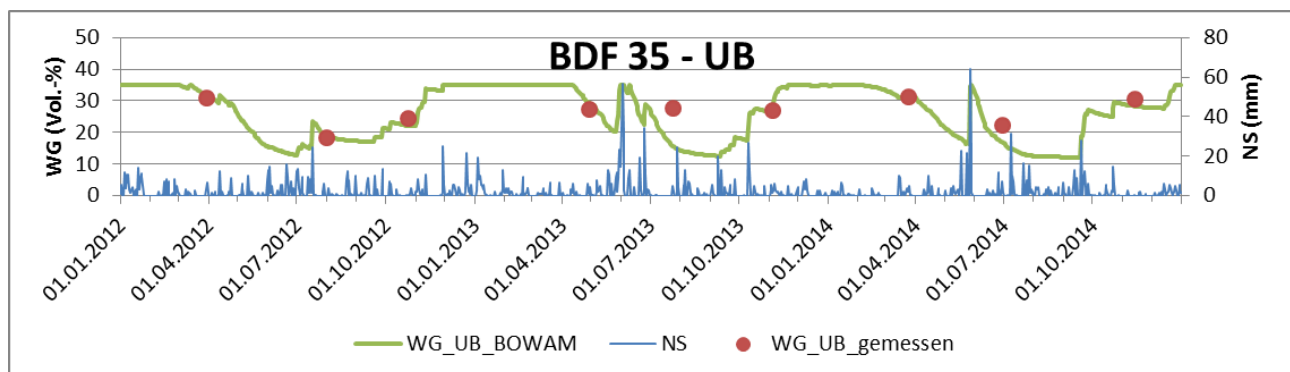
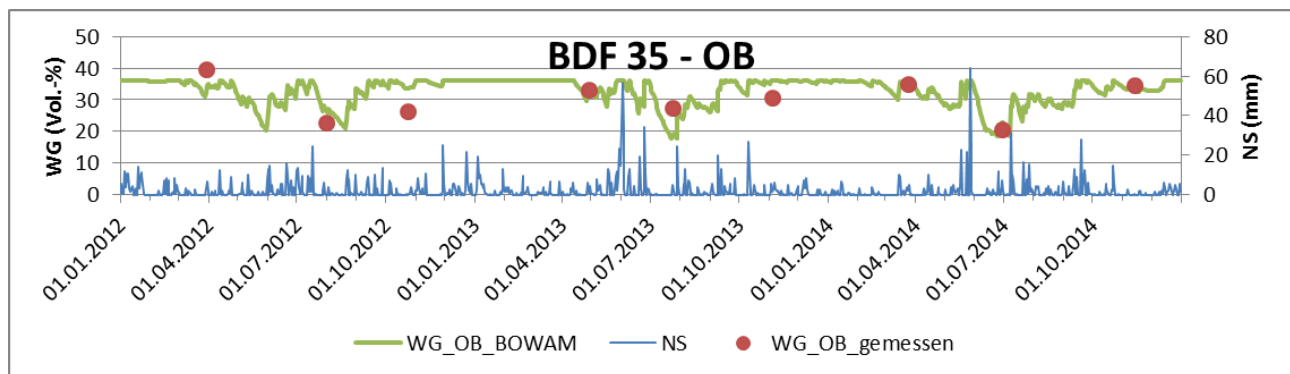
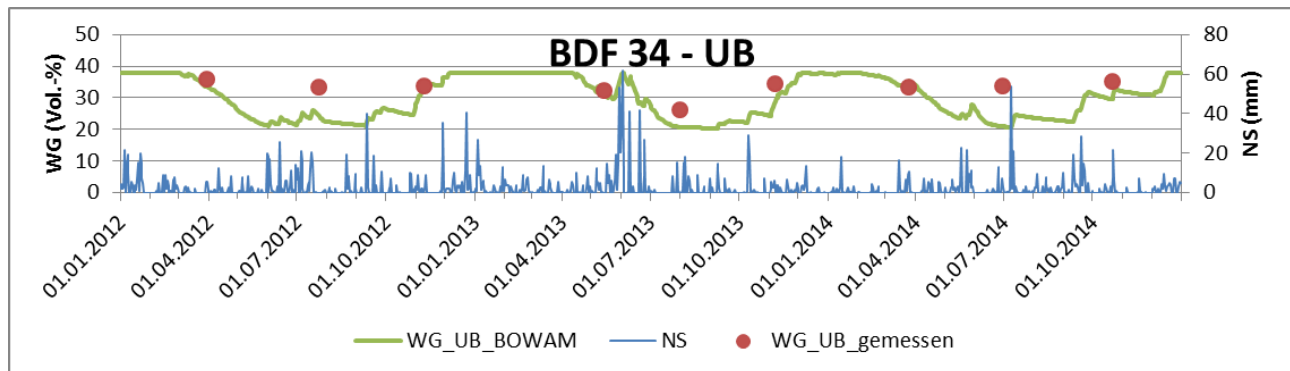
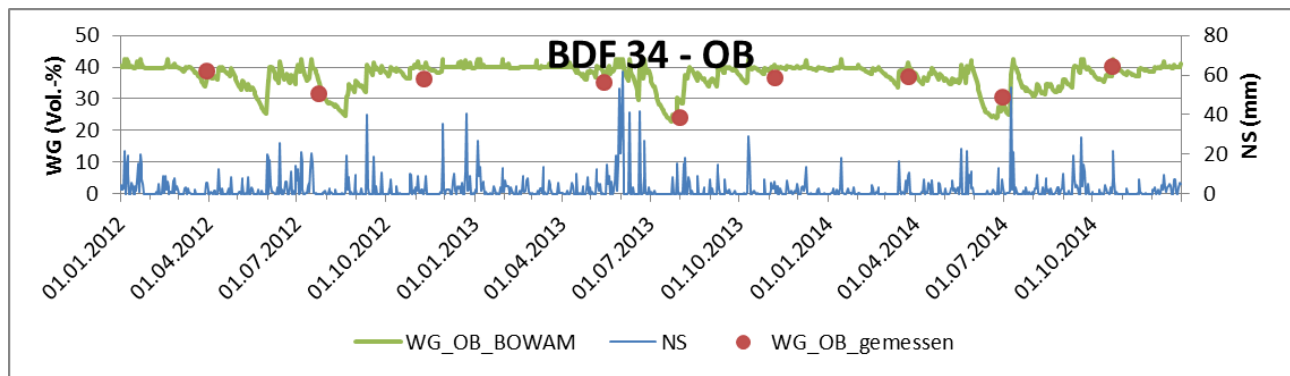


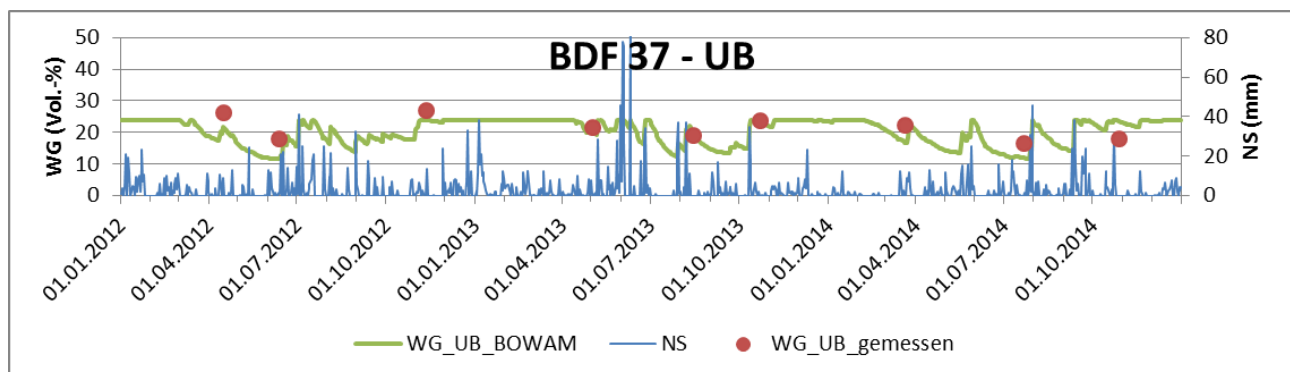
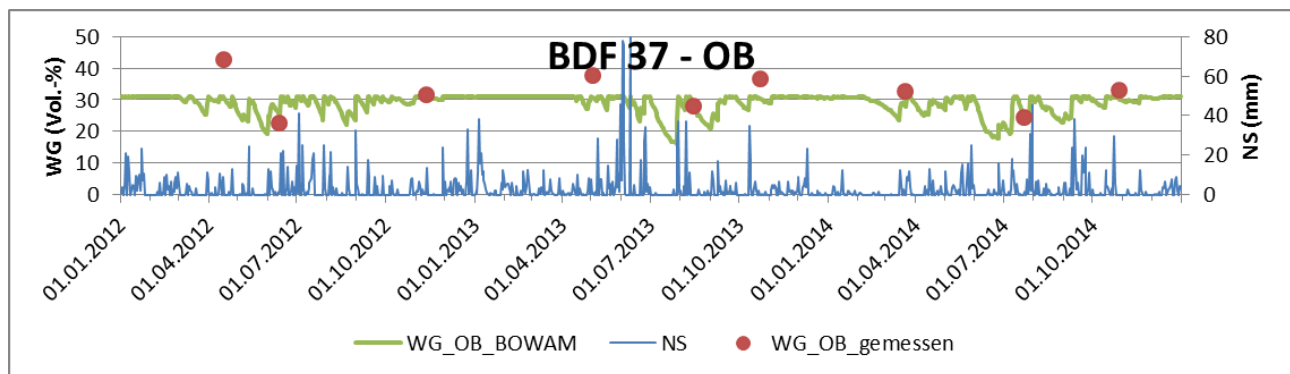
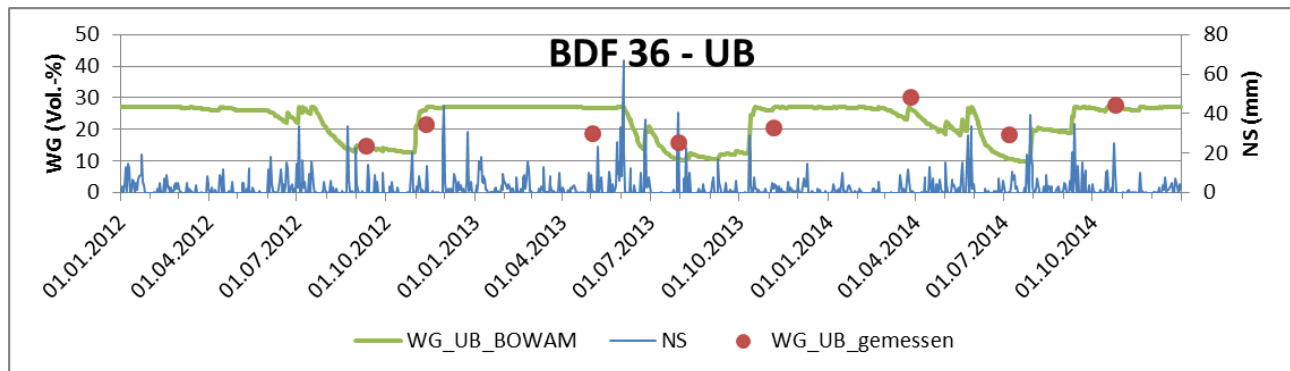
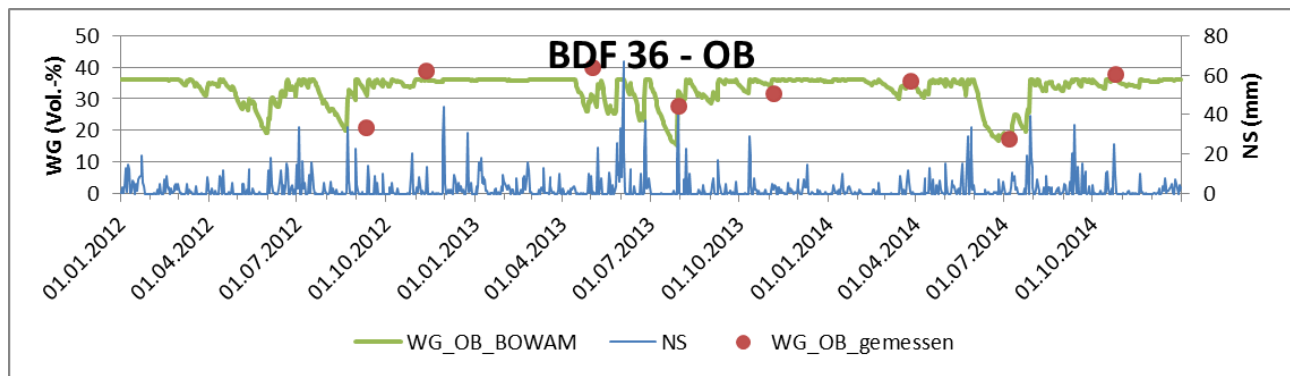


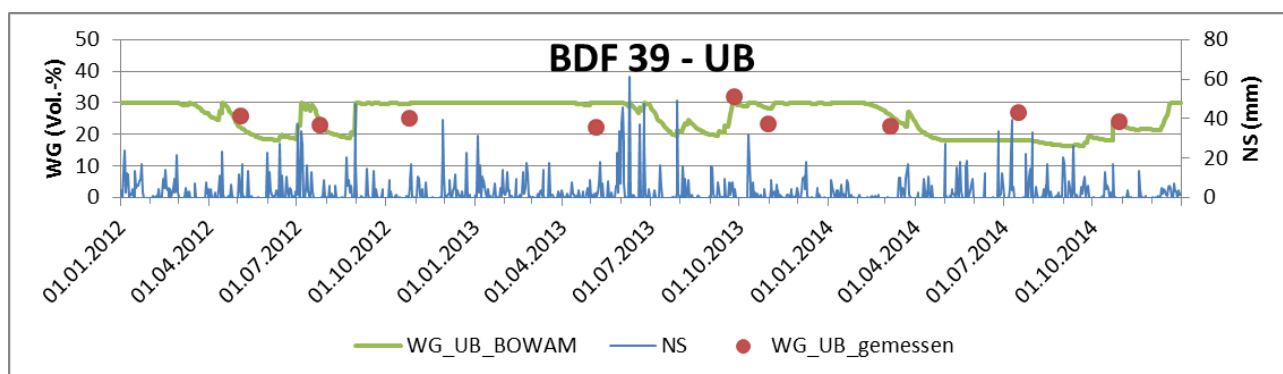
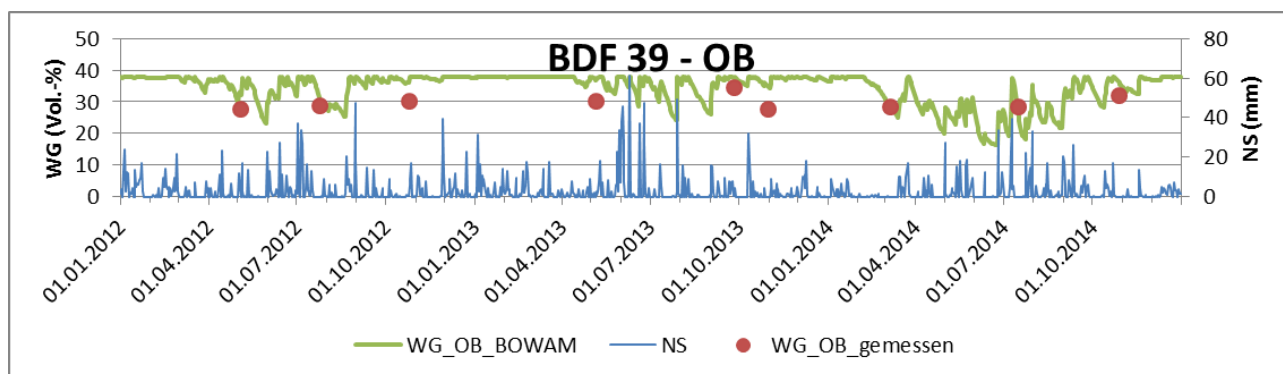
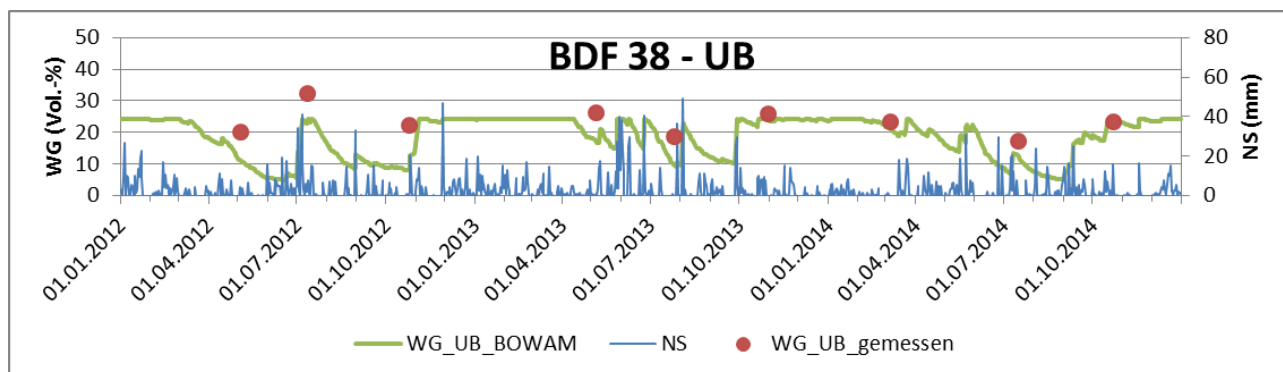
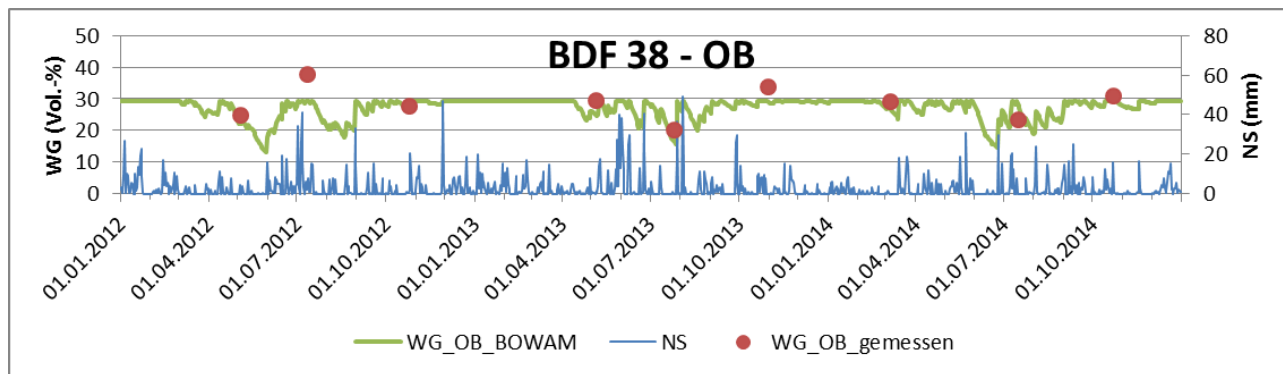


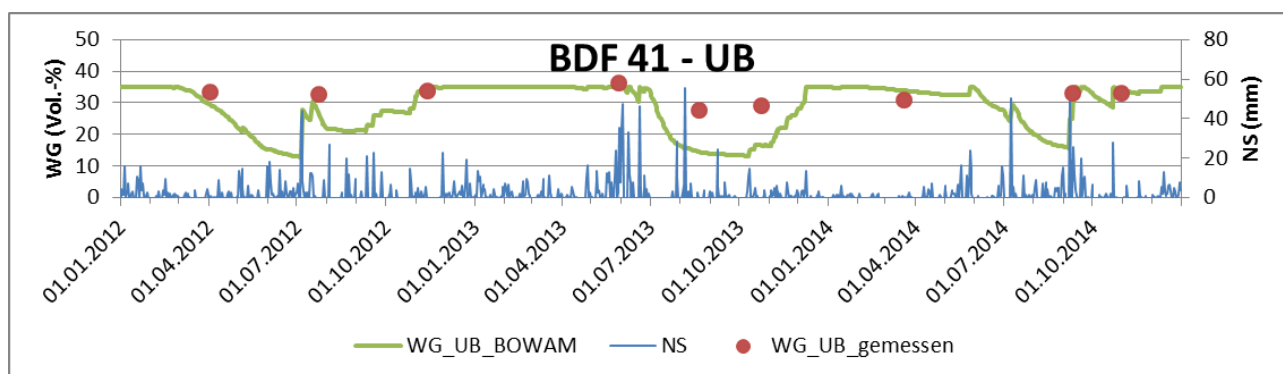
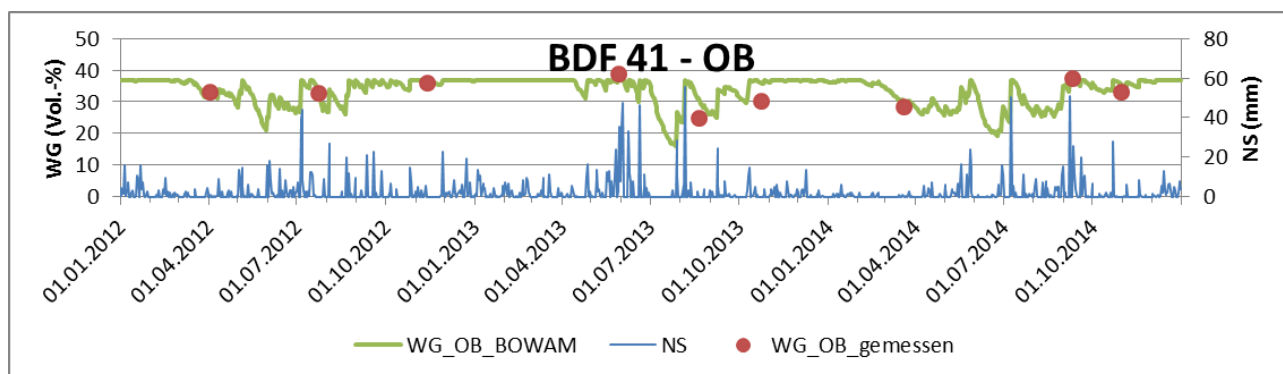
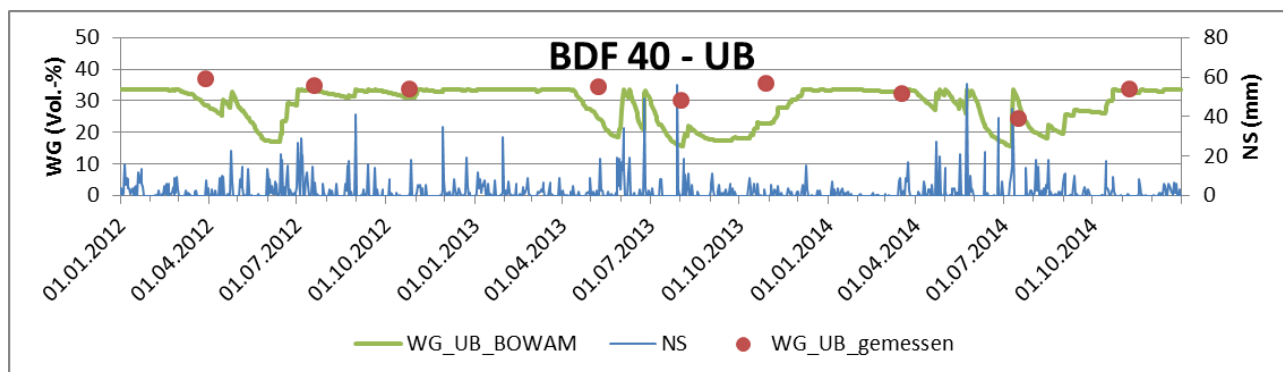
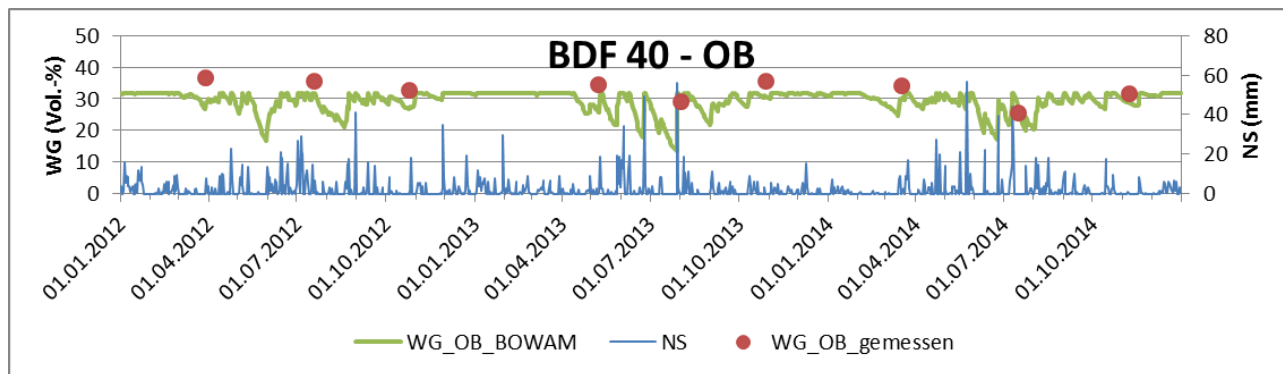


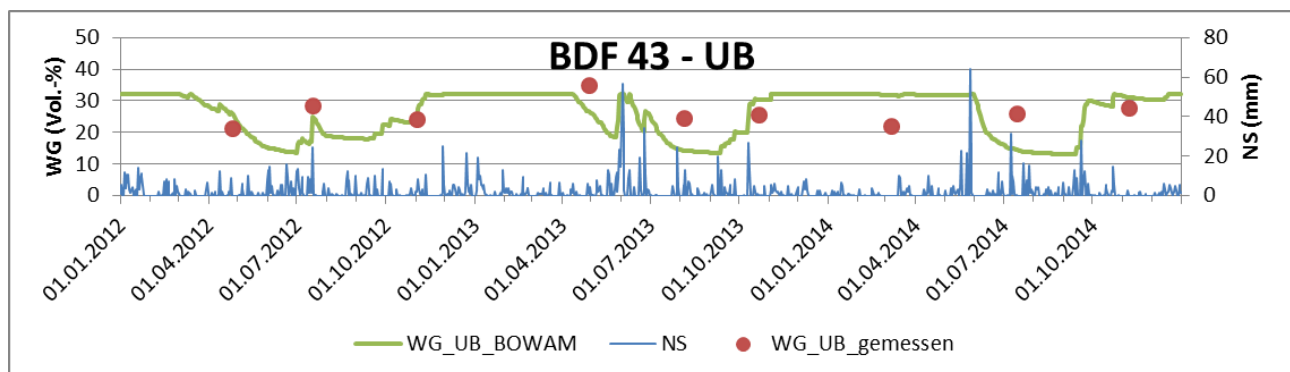
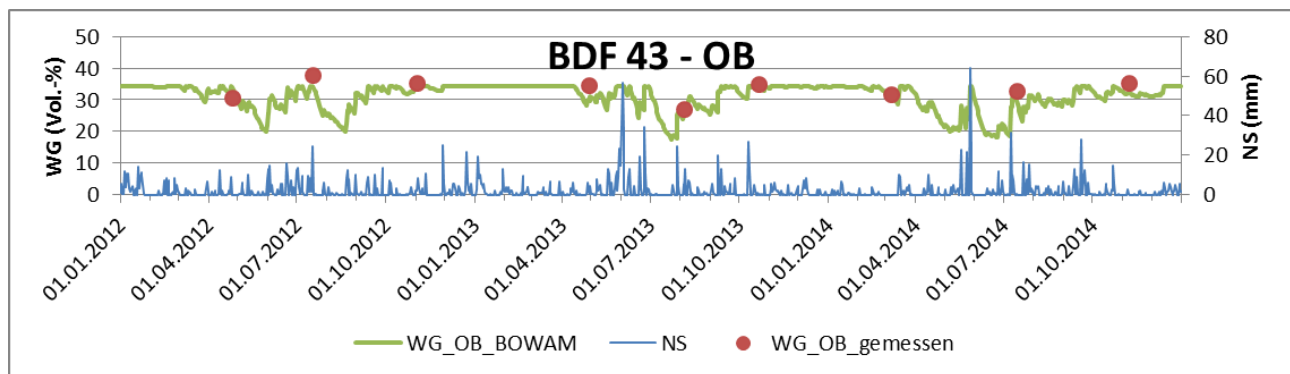
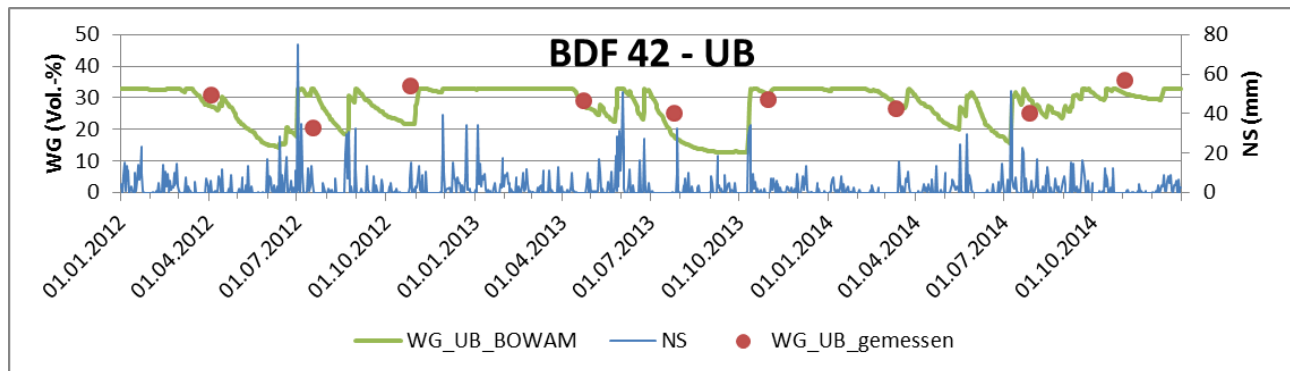
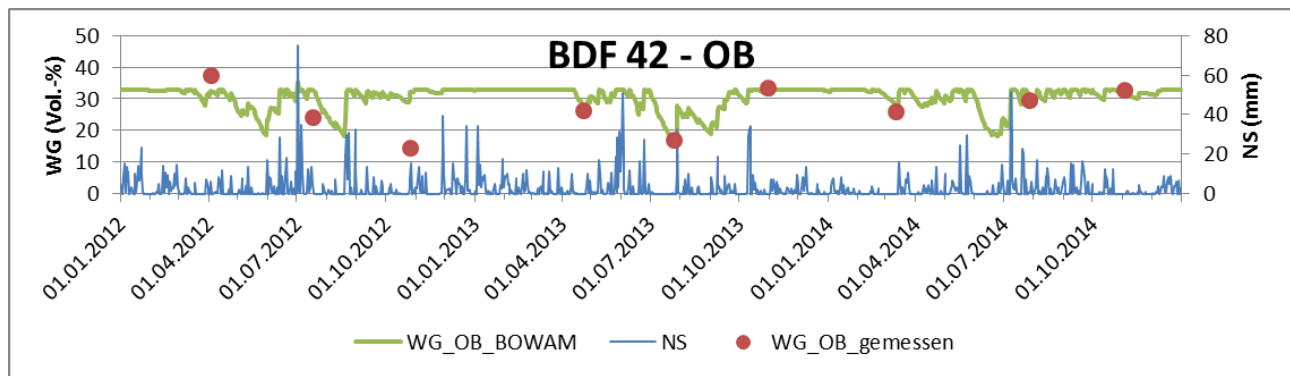


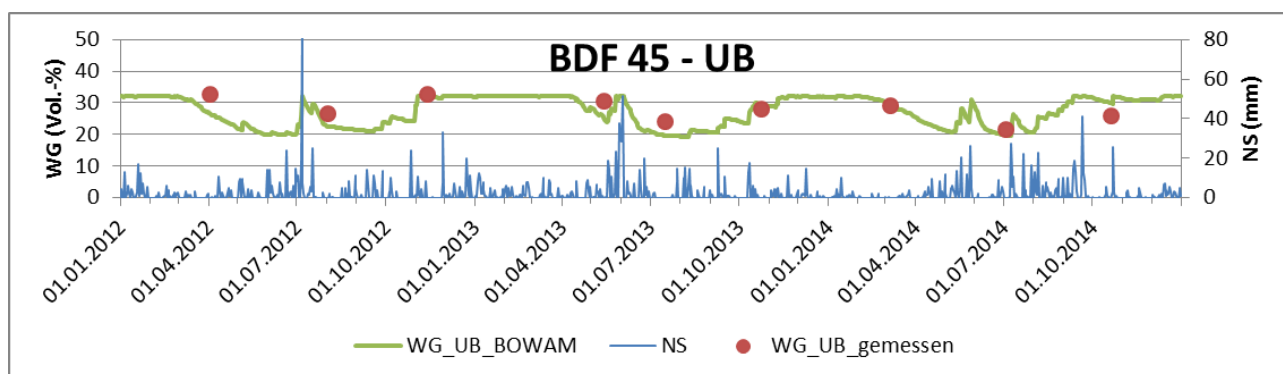
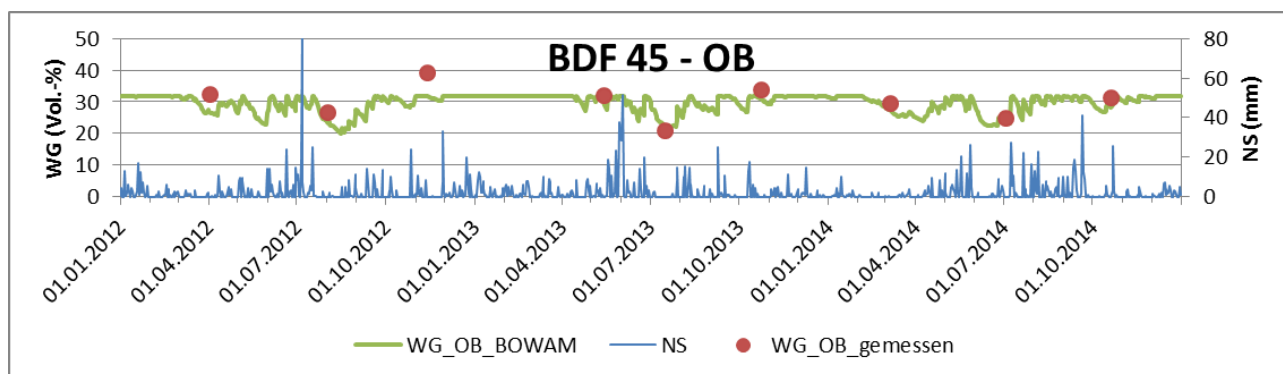
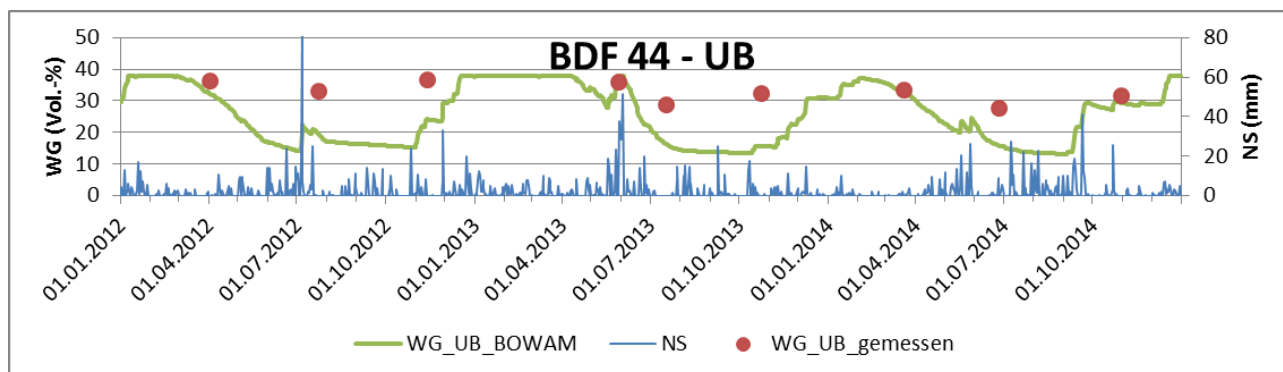
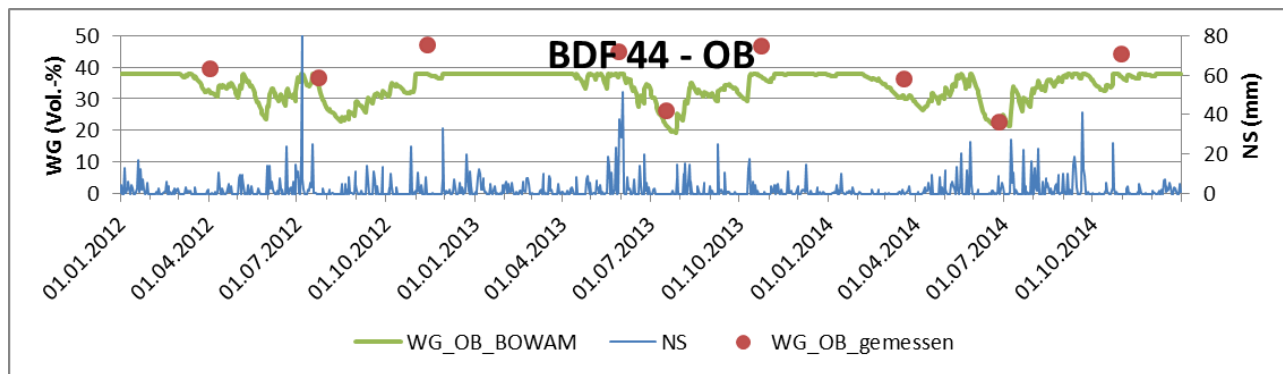


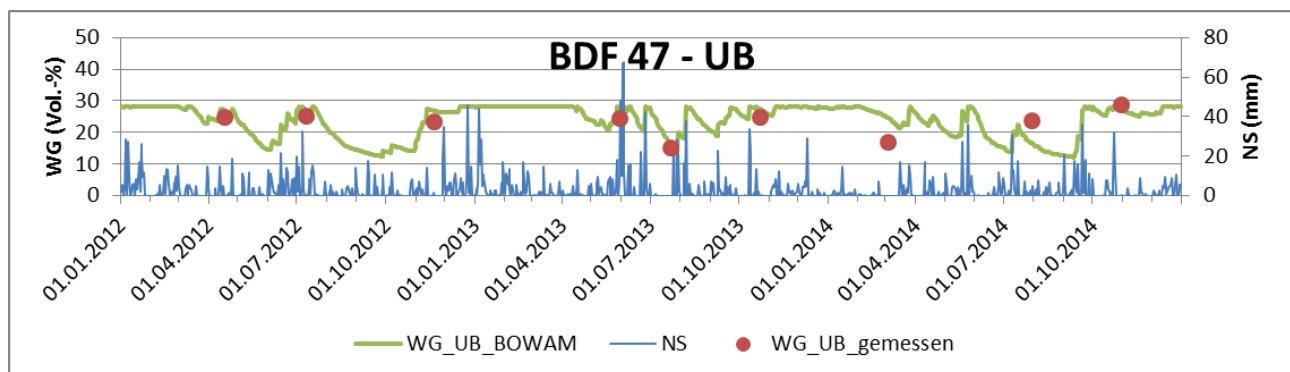
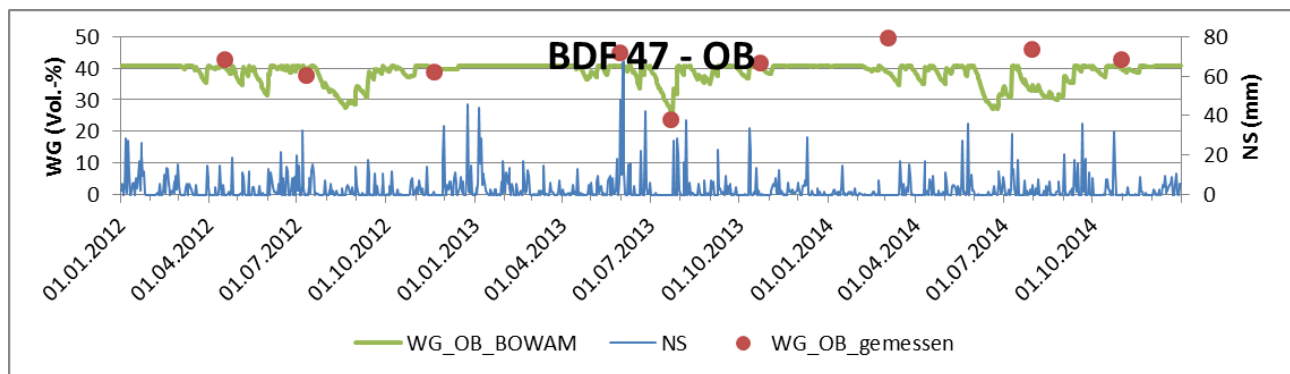
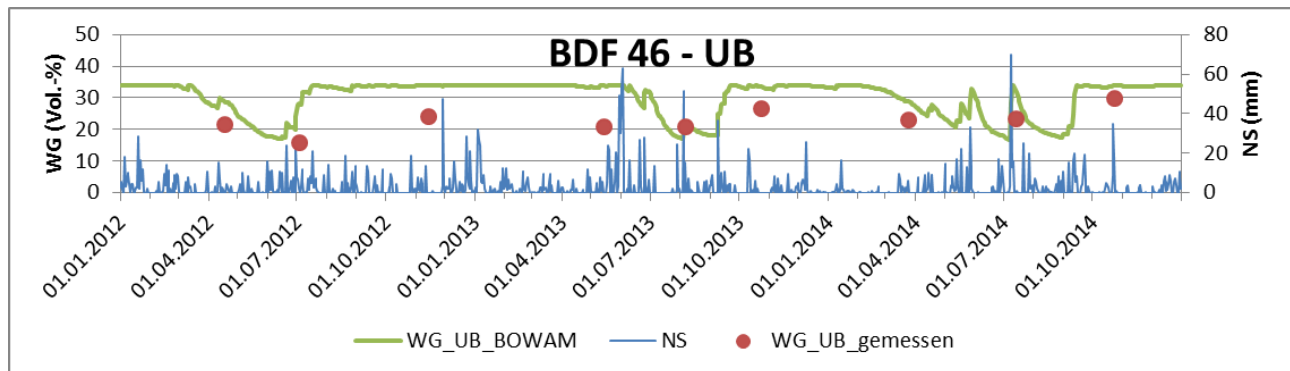
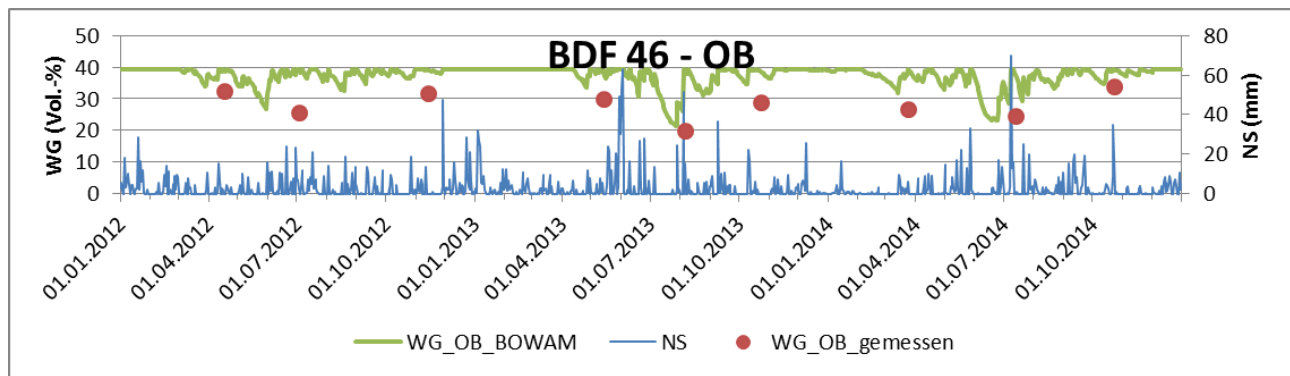


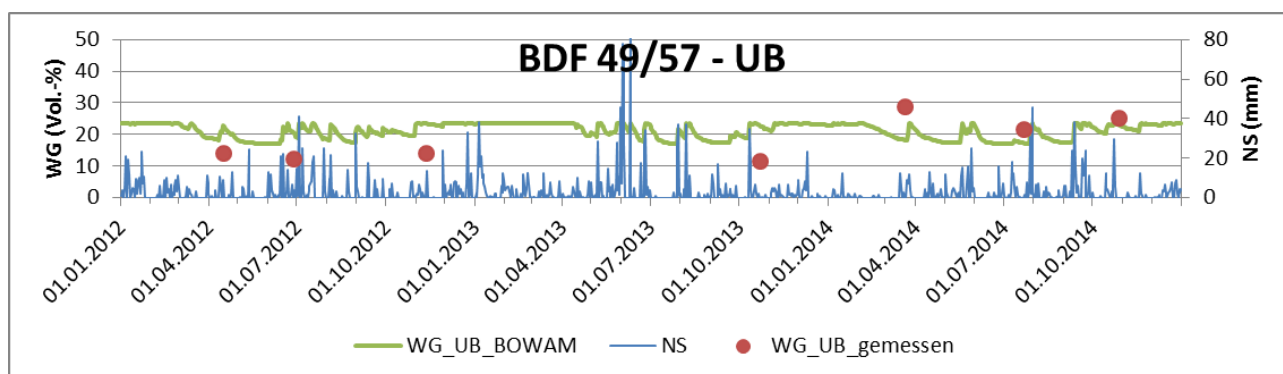
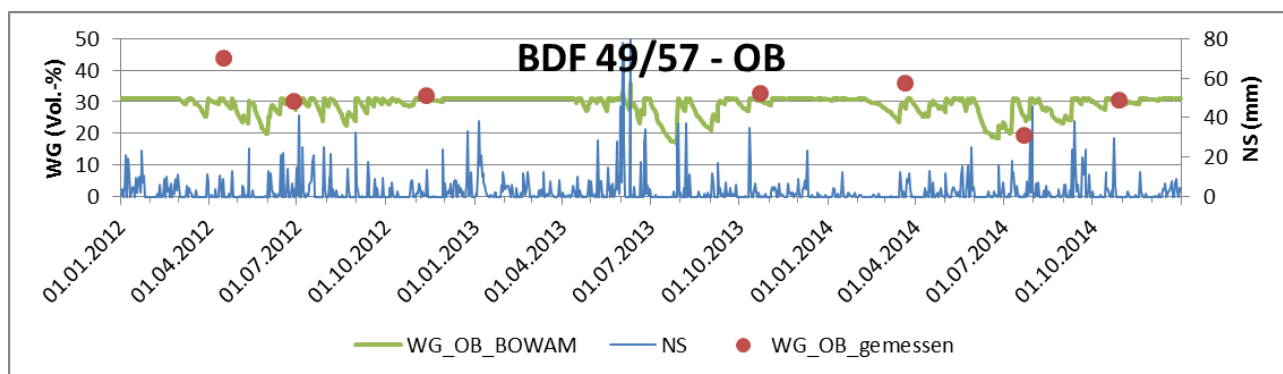
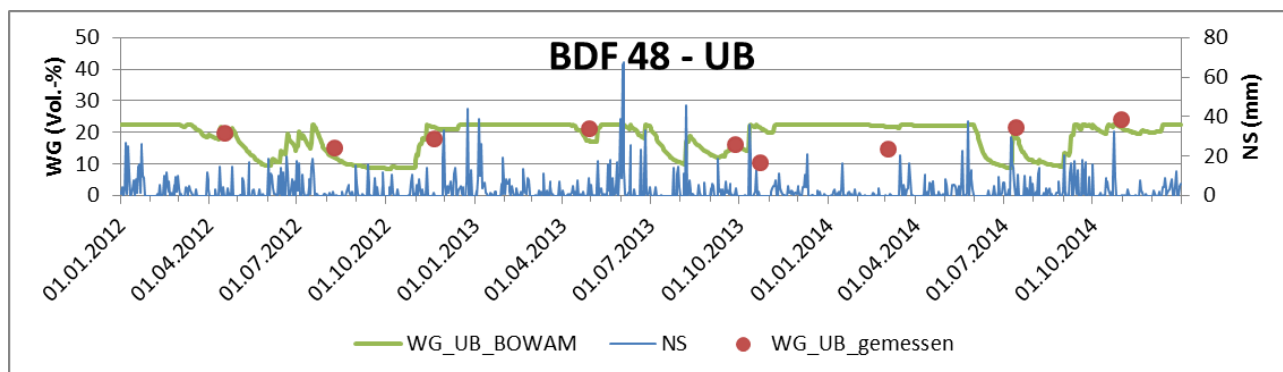
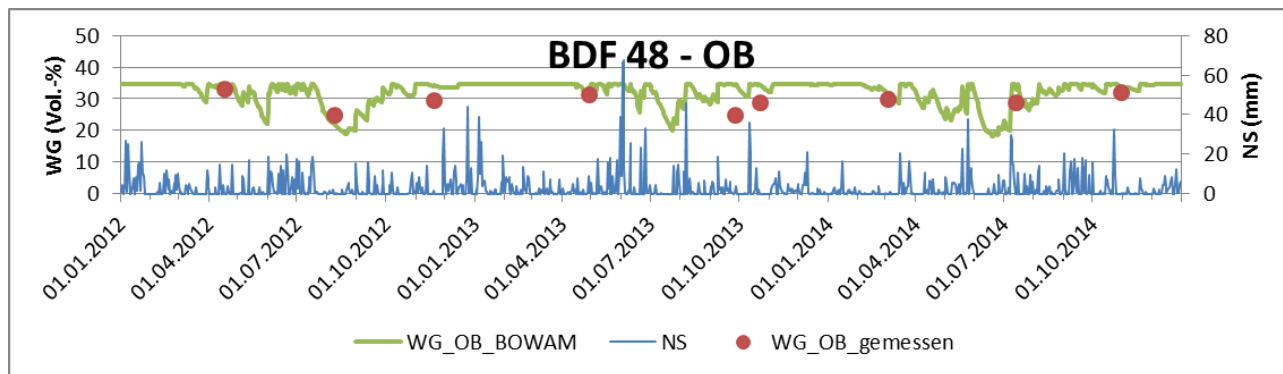


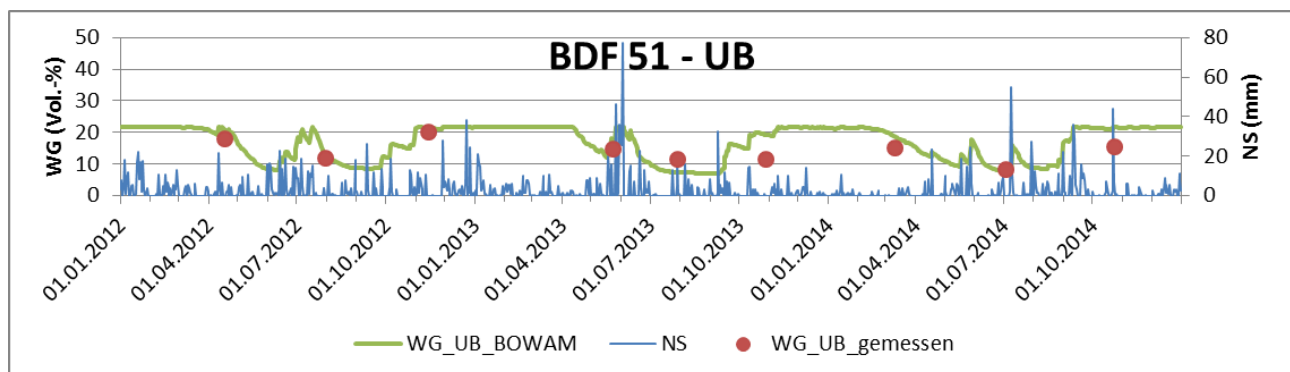
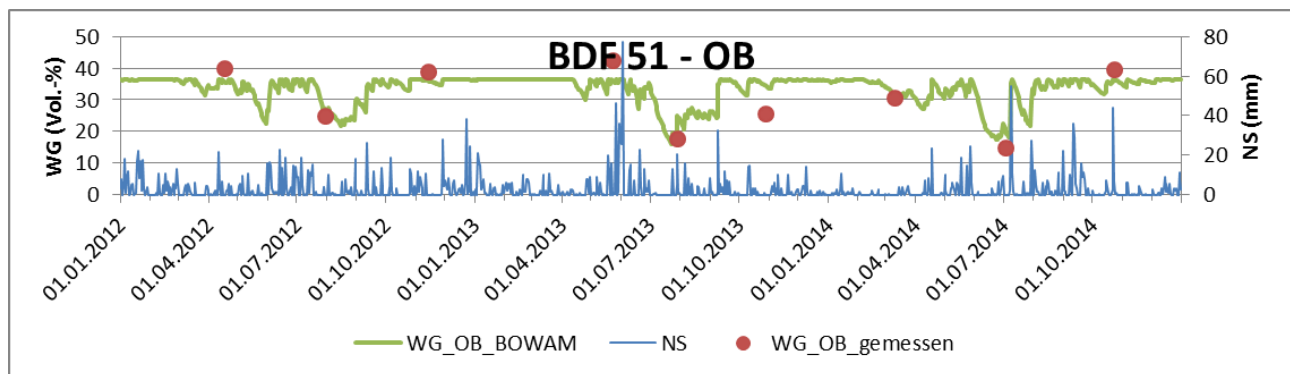
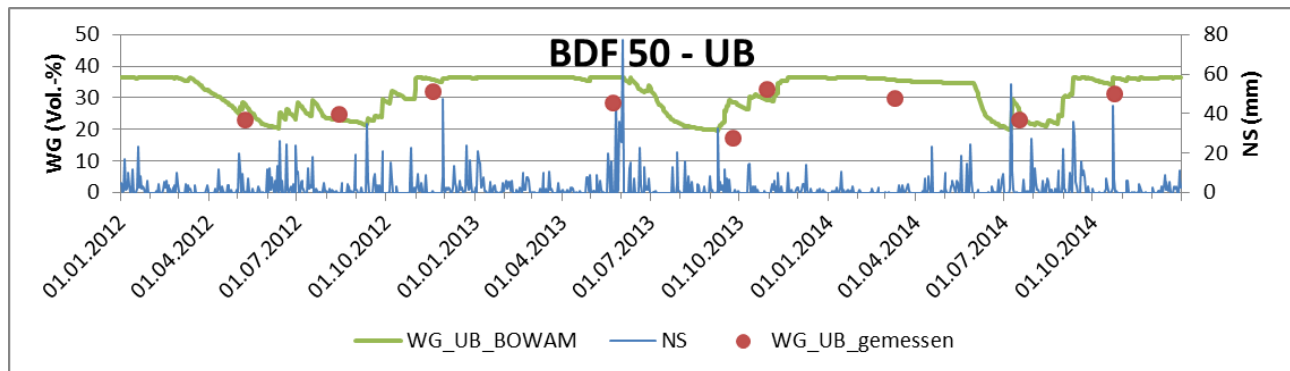
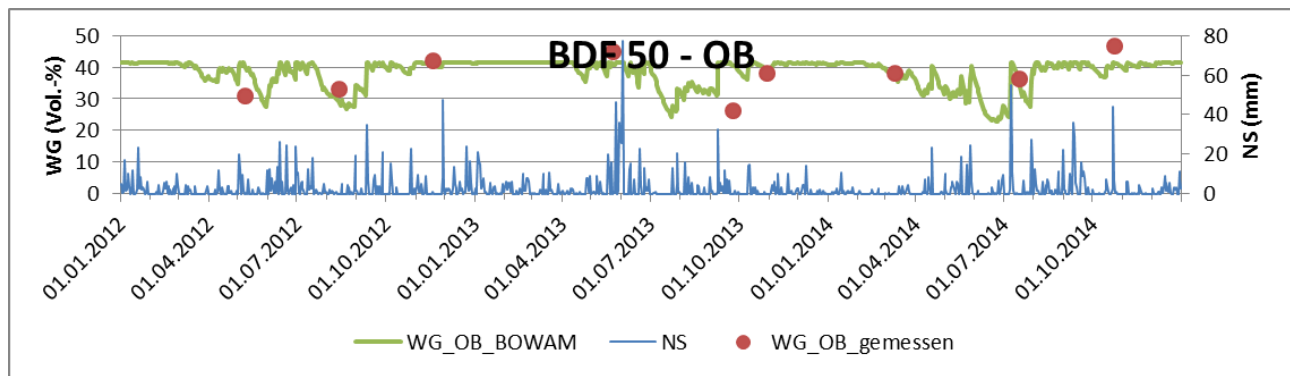


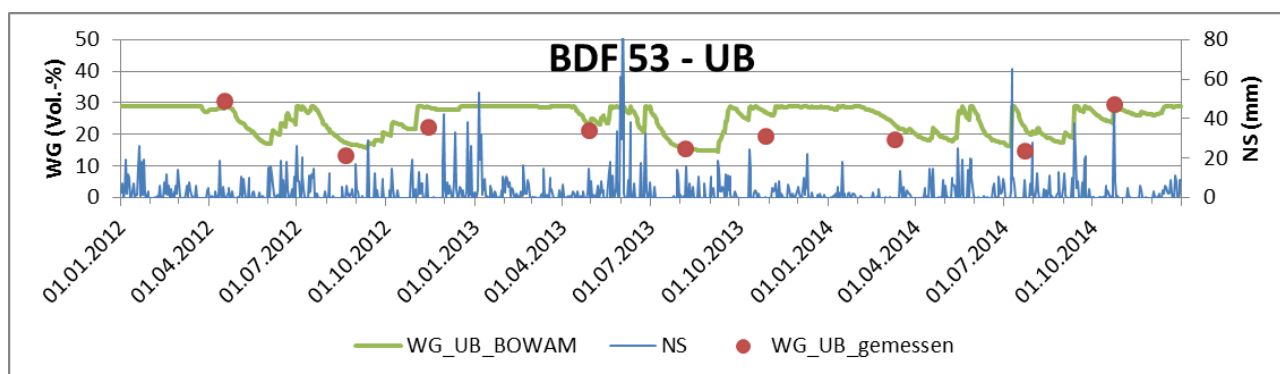
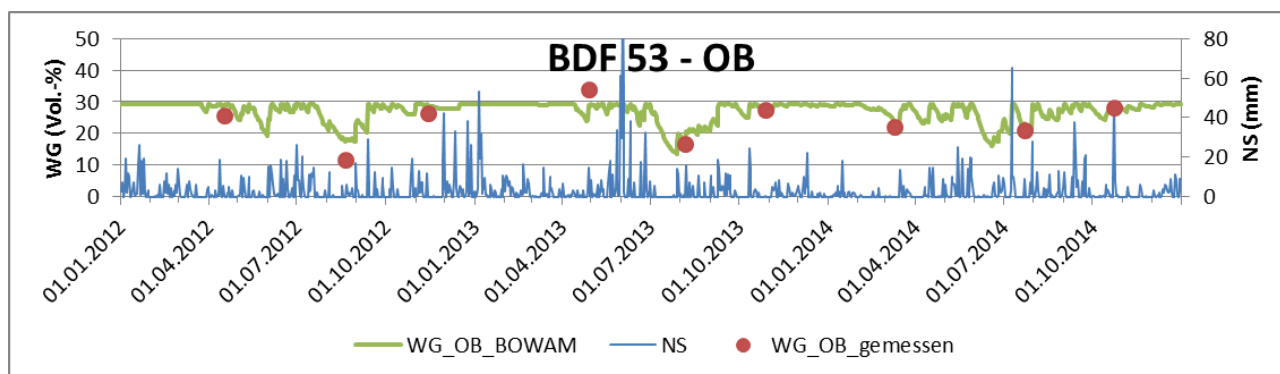
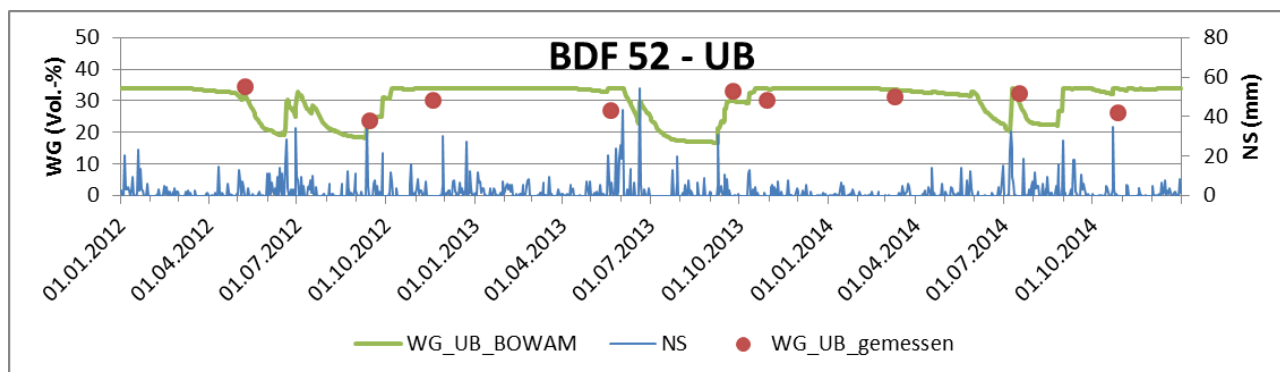
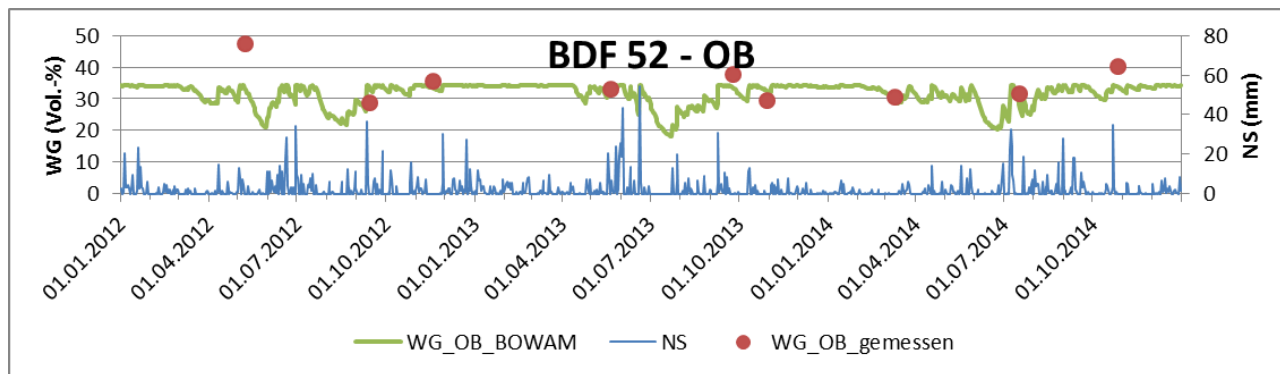


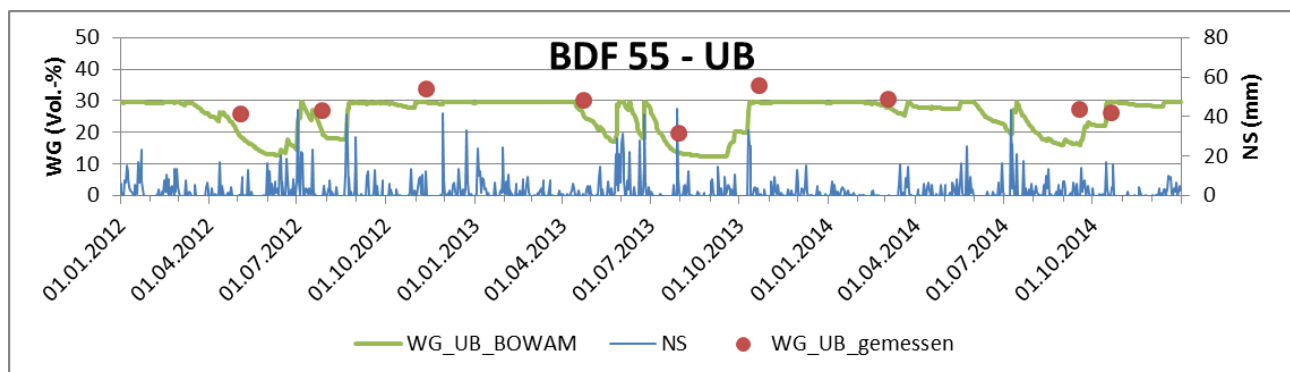
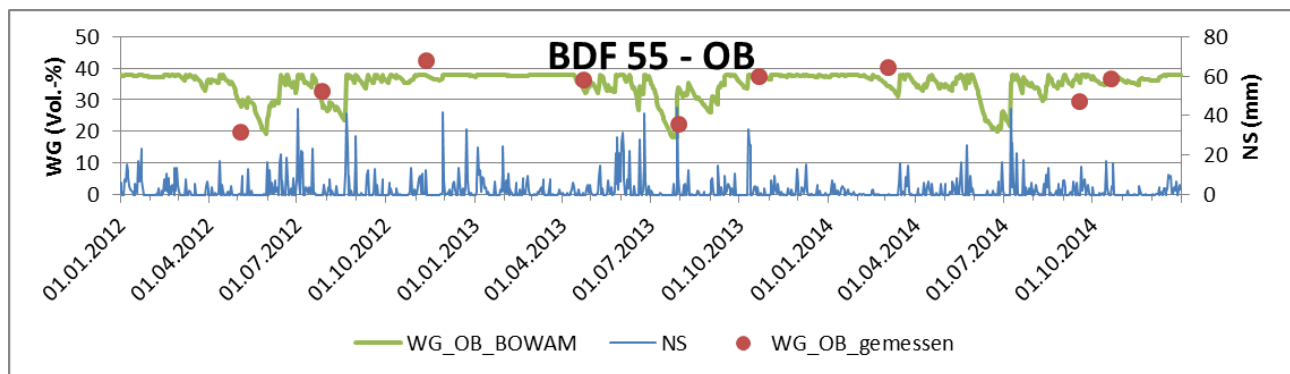
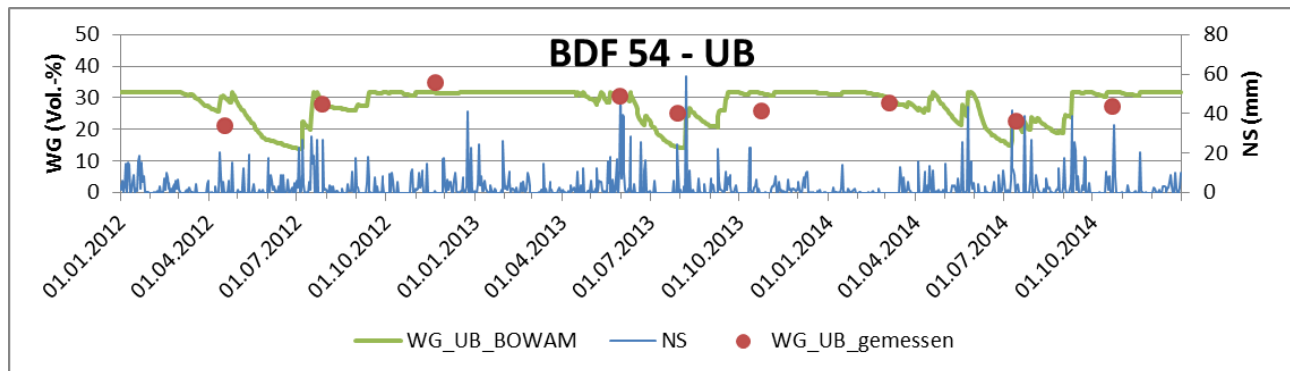
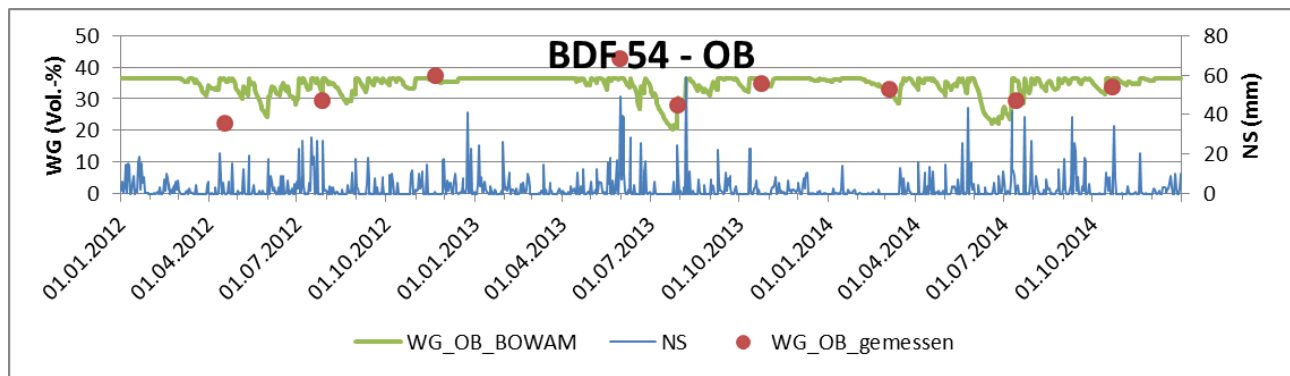


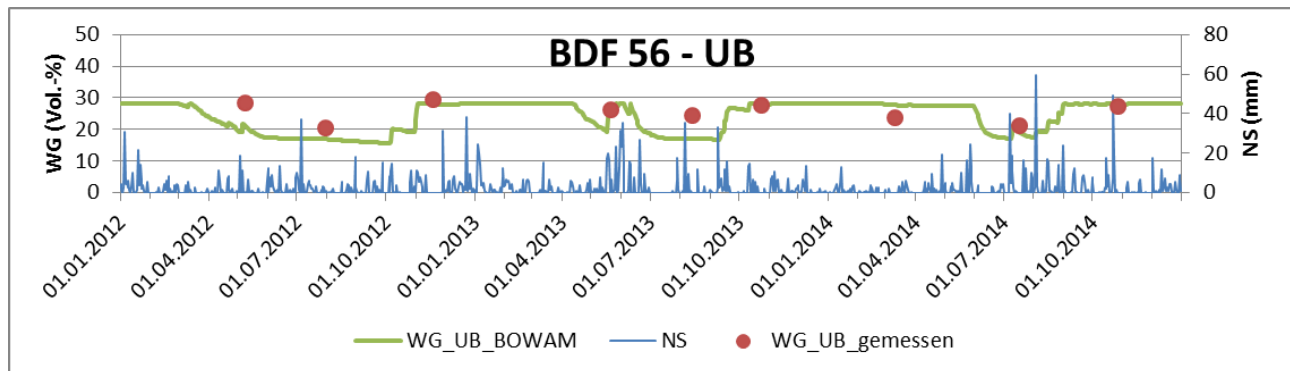
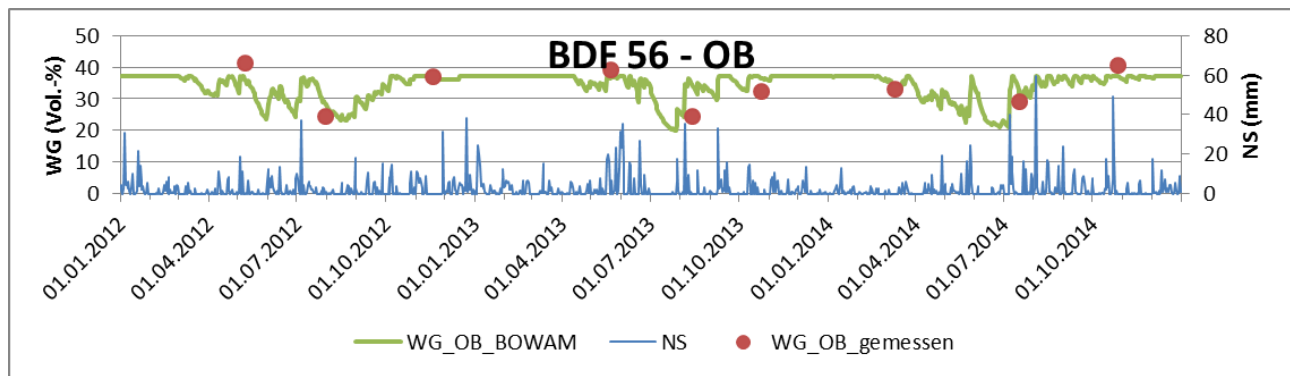












Anlage 15: Übersicht BDF Stickstoffinput, -output, -saldo

BDF 01			
Bodenform	Braunerde-Pseudogley aus Kies führendem Kryoturbatlehm		
Bodenart (OB, UB)	SI2, SI2		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	geringe nFKWe, extrem hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Körnermais	Triticale	Winterraps
NS (mm)	618	737	502
SW aus 60 cm (mm)	202	270	29
N-Fracht SW (kg/ha)	38	26	1
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	97	178	206
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	110	89	112
N-Saldo (kg/ha)	-42	71	100

BDF 02			
Bodenform	Vega aus Auenlehmsand		
Bodenart (OB, UB)	SI3, SI3		
Bodenregion	Flusslandschaft		
Wasserhaushalt	sehr hohe nFKWe, geringe - mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Wintergerste	Winterraps	Winterweizen
NS (mm)	651	754	615
SW aus 60 cm (mm)	153	214	11
N-Fracht SW (kg/ha)	36	58	1
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	233	195	94
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	154	0	123
N-Saldo (kg/ha)	52	145	-23

BDF 03			
Bodenform	Vergleyter Pseudogley-Podsol aus Kies führendem Kryoturbatlehm		
Bodenart (OB, UB)	SI2, Su2		
Bodenregion	Altmoränenlandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere – geringe nFKWe, mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterroggen	Winterraps	Triticale
NS (mm)	618	737	502
SW aus 60 cm (mm)	201	275	36
N-Fracht SW (kg/ha)	9	17	3
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	133	140	79
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	79	45	79
N-Saldo (kg/ha)	55	87	4

BDF 04			
Bodenform	Gley aus Kies führendem Kryoturbatlehmsand		
Bodenart (OB, UB)	SI3, Ss		
Bodenregion	Altmoränenlandschaft		
Wasserhaushalt	sehr geringe nFKWe, extrem hohe – sehr hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Spargel	Spargel	Spargel
NS (mm)	776	832	561
SW aus 60 cm (mm)	334	388	38
N-Fracht SW (kg/ha)	30	27	1
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	108	79	79
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	59	47	46
N-Saldo (kg/ha)	28	13	39

BDF 05			
Bodenform	Pseudogley aus schwach Geröllkies führendem Kryoturbatlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Uls, Lu		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere – geringe nFKWe, extrem hohe – hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Zuckerrübe	Winterweizen	Winterraps
NS (mm)	740	774	647
SW aus 60 cm (mm)	226	264	122
N-Fracht SW (kg/ha)	16	31	10
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	124	182	178
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	114	149	104
N-Saldo (kg/ha)	3	10	71

BDF 06			
Bodenform	Pseudogley-Parabraunerde aus sehr schwach Kies führendem Kryoturbatsandlehm		
Bodenart (OB, UB)	Slu, Slu		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, geringe – mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterweizen	Wintergerste	Winterraps
NS (mm)	550	711	595
SW aus 60 cm (mm)	79	195	34
N-Fracht SW (kg/ha)	17	10	5
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	245	153	215
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	260	135	124
N-Saldo (kg/ha)	-23	16	93

BDF 07			
Bodenform	Gley-Vega aus sehr schwach kiesigem Auenlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut3, Ut3		
Bodenregion	Flusslandschaft		
Wasserhaushalt	extrem hohe nFKWe, geringe – mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Wintergerste	Winterraps	Winterweizen
NS (mm)	635	793	578
SW aus 60 cm (mm)	87	177	30
N-Fracht SW (kg/ha)	8	15	4
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	152	170	171
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	164	109	116
N-Saldo (kg/ha)	-11	54	58

BDF 08			
Bodenform	Braunerde aus flachem Grus führendem Fließlehmsand		
Bodenart (OB, UB)	SI3, SI3		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, extrem hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterraps	Silomais	Hafer
NS (mm)	740	774	647
SW aus 60 cm (mm)	281	387	200
N-Fracht SW (kg/ha)	54	52	24
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	180	139	110
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	108	202	95
N-Saldo (kg/ha)	27	-107	-2

BDF 09			
Bodenform	Pseudovergleyte Parabraunerde aus Kryoturbatschluffsand		
Bodenart (OB, UB)	Su3, Su3		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	hohe nFKWe, sehr hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterweizen	Wintergerste	Silomais
NS (mm)	733	729	577
SW aus 60 cm (mm)	205	201	0
N-Fracht SW (kg/ha)	24	11	0
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	133	156	71
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	140	79	142
N-Saldo (kg/ha)	-22	74	-64

BDF 10			
Bodenform	Pseudogley-Parabraunerde aus sehr schwach Kies führendem Fließlehmsand		
Bodenart (OB, UB)	Su2, Su2		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere – geringe nFKWe, sehr hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Kartoffel	Winterweizen	Wintergerste
NS (mm)	733	729	577
SW aus 60 cm (mm)	266	222	17
N-Fracht SW (kg/ha)	11	23	1
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	85	207	132
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	126	135	105
N-Saldo (kg/ha)	-43	57	33

BDF 11 (ökologische Bewirtschaftung)			
Bodenform	Parabraunerde-Braunerde aus Geröllkies führendem Kryotur- batschluffsand		
Bodenart (OB, UB)	Su3, St2		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere – geringe nFKWe, hohe – extrem hohe Wasserdurch- lässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterroggen	Klee	Luzerne
NS (mm)	661	658	493
SW aus 60 cm (mm)	218	212	0
N-Fracht SW (kg/ha)	15	7	0
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	102	0	0
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	/	45	68
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	31	145	71
N-Saldo (kg/ha)	65	-99	4

BDF 12 (BDF II)			
Bodenform	Regosol aus schwach Kies führendem Absetzer-Kipplehmsand		
Bodenart (OB, UB)	Su2, Ss		
Bodenregion	Bergbaufolgelandschaft		
Wasserhaushalt	sehr geringe nFKWe, sehr hohe – extrem hohe Wasserdurch- lässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterroggen	Winterroggen	Brache/Grünland
NS (mm)	727	720	763
SW aus 60 cm (mm)	391	304	181
N-Fracht SW (kg/ha)	25	4	3
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	78	51	0
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	/	/	3
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	0	8	0
N-Saldo (kg/ha)	62	47	7

BDF 13			
Bodenform	Braunerde-Gley-Podsol aus sehr schwach Kies führendem Kryoturbatlehmsand		
Bodenart (OB, UB)	Su2, Ss		
Bodenregion	Altmoränenlandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, extrem hohe – mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Brache/Grünland	Brache/Grünland	Brache/Grünland
NS (mm)	867	797	594
SW aus 60 cm (mm)	337	245	30
N-Fracht SW (kg/ha)	3	4	0
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	0	0	0
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	3	3	3
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	0	0	0
N-Saldo (kg/ha)	9	7	10

BDF 14			
Bodenform	Gley-Podsol aus sehr schwach Kies führendem Flussreinsand		
Bodenart (OB, UB)	Ss, Ss		
Bodenregion	Altmoränenlandschaft		
Wasserhaushalt	geringe nFKWe, extrem hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterroggen	Winterroggen	Sonnenblumen
NS (mm)	773	757	763
SW aus 60 cm (mm)	289	365	272
N-Fracht SW (kg/ha)	15	19	13
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	15	123	98
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	131	91	50
N-Saldo (kg/ha)	-122	21	42

BDF 15			
Bodenform	Gley aus sehr schwach Kies führendem periglaziär-fluviatitem Reinsand		
Bodenart (OB, UB)	Ss, Ss		
Bodenregion	Altmoränenlandschaft		
Wasserhaushalt	geringe nFKWe, mittlere – extrem hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterroggen	Silomais	Silomais
NS (mm)	1092	883	640
SW aus 60 cm (mm)	326	345	113
N-Fracht SW (kg/ha)	27	24	5
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	162	71	72
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	63	210	107
N-Saldo (kg/ha)	81	-155	-33

BDF 16			
Bodenform	Pseudogley aus Kies führendem Sand		
Bodenart (OB, UB)	SI2, Ls4		
Bodenregion	Altmoränenlandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, hohe – sehr geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterraps	Winterweizen	Wintergerste
NS (mm)	1092	883	640
SW aus 60 cm (mm)	450	377	100
N-Fracht SW (kg/ha)	43	22	6
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	186	235	124
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	47	134	108
N-Saldo (kg/ha)	105	87	17

BDF 18			
Bodenform	Pseudogley-Parabraunerde aus sehr schwach Kies führendem Kryoturbatlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut2, Ut3		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	extrem hohe nFKWe, mittlere – geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterweizen	Zuckerrübe	Winterweizen
NS (mm)	707	672	593
SW aus 60 cm (mm)	159	239	42
N-Fracht SW (kg/ha)	19	22	5
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	188	101	234
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	163	120	195
N-Saldo (kg/ha)	15	-33	41

BDF 19			
Bodenform	Verbraunte Pseudogley-Parabraunerde aus Fließlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut2, Uls		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	extrem hohe nFKWe, geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterweizen	Körnermais	Winterweizen
NS (mm)	936	738	556
SW aus 60 cm (mm)	173	240	0
N-Fracht SW (kg/ha)	27	37	0
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	177	191	301
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	152	150	130
N-Saldo (kg/ha)	7	12	178

BDF 20			
Bodenform	Auengley aus sehr schwach Kies führendem Auenlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut3, Ut3		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	sehr hohe nFKWe, mittlere – geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Silomais	Winterweizen	Winterraps
NS (mm)	936	738	556
SW aus 60 cm (mm)	229	164	0
N-Fracht SW (kg/ha)	48	14	0
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	141	190	213
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	164	170	131
N-Saldo (kg/ha)	-62	14	89

BDF 21			
Bodenform	Pseudogley aus schwach Schuttgrus führendem Kryoturbat-normallehm		
Bodenart (OB, UB)	Ls3, Lts		
Bodenregion	Altmoränenlandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, sehr geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterweizen	Winterweizen	Triticale
NS (mm)	1060	924	618
SW aus 60 cm (mm)	379	380	79
N-Fracht SW (kg/ha)	53	58	5
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	144	134	87
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	66	92	66
N-Saldo (kg/ha)	35	-8	23

BDF 22			
Bodenform	Braunerde-Tschernosem aus Fließtonschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut4, Ut4		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	extrem hohe nFKWe, sehr geringe – geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterraps	Winterweizen	Wintergerste
NS (mm)	556	769	641
SW aus 60 cm (mm)	0	24	0
N-Fracht SW (kg/ha)	0	6	0
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	221	161	160
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	149	181	164
N-Saldo (kg/ha)	82	-18	3

BDF 23 (BDF II)			
Bodenform	Pseudovergleyte Braunerde aus Grus führendem Kryoturbats-andlehm		
Bodenart (OB, UB)	SI4, SI4		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, mittlere – geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Sommergerste	Grünland	Wintergerste
NS (mm)	646	756	751
SW aus 60 cm (mm)	269	267	147
N-Fracht SW (kg/ha)	49	33	18
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	39	300	93
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	/	10	/
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	84	242	141
N-Saldo (kg/ha)	-85	43	-59

BDF 24 (BDF II)			
Bodenform	Parabraunerde-Tschernosem aus Kryoturbatlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut3, Ut4		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	extrem hohe nFKWe, geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Zuckerrübe	Winterweizen	Winterraps
NS (mm)	707	672	593
SW aus 60 cm (mm)	149	137	20
N-Fracht SW (kg/ha)	10	15	2
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	118	235	159
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	88	159	113
N-Saldo (kg/ha)	29	69	51

BDF 25			
Bodenform	Pseudovergleyte Parabraunerde aus Fließlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut2, Ut2		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere – hohe nFKWe, sehr hohe – mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterweizen	Winterraps	Winterweizen
NS (mm)	734	866	740
SW aus 60 cm (mm)	208	313	79
N-Fracht SW (kg/ha)	36	55	15
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	201	202	192
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	174	145	190
N-Saldo (kg/ha)	1	10	-6

BDF 26			
Bodenform	Pseudogley-Parabraunerde aus schwach Grus führendem Fließlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Uls, Lu		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	hohe nFKWe, mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Erdbeeren	Grünland	Winterweizen
NS (mm)	690	860	689
SW aus 60 cm (mm)	152	385	79
N-Fracht SW (kg/ha)	10	29	5
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	0	0	252
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	/	3	/
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	k. A.	0	184
N-Saldo (kg/ha)	-1	-18	70

BDF 27			
Bodenform	Vega-Gley aus schwach Kies führendem Auenlehmsand		
Bodenart (OB, UB)	SI3, Uls		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	extrem hohe nFKWe, extrem hohe – mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Grünland	Grünland	Grünland
NS (mm)	721	820	637
SW aus 60 cm (mm)	279	289	21
N-Fracht SW (kg/ha)	42	36	2
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	0	0	0
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	3	3	3
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	0	0	0
N-Saldo (kg/ha)	-30	-25	8

BDF 28			
Bodenform	Erodierte Parabraunerde-Pseudogley aus sehr schwach Grus führendem Fließlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut3, Ut4		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	sehr hohe – extrem hohe nFKWe, geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterraps	Winterweizen	Wintergerste
NS (mm)	759	877	741
SW aus 60 cm (mm)	284	330	75
N-Fracht SW (kg/ha)	35	28	7
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	188	220	143
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	101	186	110
N-Saldo (kg/ha)	61	14	33

BDF 29			
Bodenform	Erodierte Parabraunerde-Pseudogley aus sehr schwach Kies führendem Fließtonschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut3, Ut4		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	extrem hohe nFKWe, mittlere – geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Silomais	Winterweizen	Winterraps
NS (mm)	927	967	684
SW aus 60 cm (mm)	338	426	81
N-Fracht SW (kg/ha)	70	73	11
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	178	238	200
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	256	126	134
N-Saldo (kg/ha)	-140	47	62

BDF 30			
Bodenform	Vega aus Auentonschluff		
Bodenart (OB, UB)	Lt2, Lu		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	hohe nFKWe, extrem hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Grünland/Weide	Grünland/Weide	Grünland/Weide
NS (mm)	733	874	702
SW aus 60 cm (mm)	226	381	65
N-Fracht SW (kg/ha)	34	117	20
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	75	53	34
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	3	3	10
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	86	72	174
N-Saldo (kg/ha)	-33	-125	-143

BDF 31			
Bodenform	Parabraunerde-Pseudogley aus Grus führendem Fließtonschluff		
Bodenart (OB, UB)	Lu, Ls3		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	hohe nFKWe, sehr hohe – geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Sommerweizen	Wintergerste	Winterraps
NS (mm)	1167	1068	830
SW aus 60 cm (mm)	450	432	193
N-Fracht SW (kg/ha)	100	55	25
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	178	162	235
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	106	95	85
N-Saldo (kg/ha)	-19	20	132

BDF 32			
Bodenform	Braunerde aus Schuttgrus führendem Fließsandlehm		
Bodenart (OB, UB)	Slu, Su3		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, sehr hohe – extrem hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterraps	Winterweizen	Wintergerste
NS (mm)	1135	1207	875
SW aus 60 cm (mm)	546	647	51
N-Fracht SW (kg/ha)	91	158	6
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	211	235	127
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	139	162	118
N-Saldo (kg/ha)	-10	-77	10

BDF 33 (bis 2013 BDF II)			
Bodenform	Reliktgley-Vega aus Auenlehmsand		
Bodenart (OB, UB)	Su2, Slu		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	hohe nFKWe, extrem hohe – sehr hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Grünland	Grünland	Grünland
NS (mm)	759	877	741
SW aus 60 cm (mm)	276	374	41
N-Fracht SW (kg/ha)	16	38	3
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	150	70	60
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	15	3	3
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	160	82	83
N-Saldo (kg/ha)	-2	-39	-16

BDF 34			
Bodenform	Pseudogley aus schwach Kies führendem Fließtonschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut4, Lu		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere – hohe nFKWe, mittlere – sehr geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterraps	Winterweizen	Wintergerste
NS (mm)	958	989	696
SW aus 60 cm (mm)	137	117	36
N-Fracht SW (kg/ha)	26	13	4
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	121	202	159
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	136	159	138
N-Saldo (kg/ha)	-32	38	-4

BDF 35			
Bodenform	Pseudogley aus Fließlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut3, Ut4		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, hohe – mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterweizen	Triticale	Wintergerste
NS (mm)	721	820	637
SW aus 60 cm (mm)	324	306	38
N-Fracht SW (kg/ha)	54	39	4
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	170	140	164
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	149	136	144
N-Saldo (kg/ha)	-24	-27	23

BDF 36			
Bodenform	Pseudovergleyte Braunerde aus Schuttgrus führendem Fließsandlehm		
Bodenart (OB, UB)	Slu, Sl3		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, sehr hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Körnermais	Sommergerste	Winterraps
NS (mm)	941	1031	830
SW aus 60 cm (mm)	403	506	231
N-Fracht SW (kg/ha)	32	37	34
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	134	122	280
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	145	71	97
N-Saldo (kg/ha)	-34	22	156

BDF 37			
Bodenform	Podsolige Braunerde aus Schuttgrus führendem Kryoturbatlehmsand		
Bodenart (OB, UB)	Sl3, Su2		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere – geringe nFKWe, hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Grünland/Weide	Grünland/Weide	Grünland/Weide
NS (mm)	1073	1320	857
SW aus 60 cm (mm)	459	777	223
N-Fracht SW (kg/ha)	28	84	19
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	26	16	142
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	3	3	3
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	36	93	105
N-Saldo (kg/ha)	-26	-150	28

BDF 38			
Bodenform	Vergleyter Braunerde-Podsol aus flachem sehr schwach Gruß führendem Fließschluffsand		
Bodenart (OB, UB)	Su3, Su2		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Grünland/Weide	Grünland/Weide	Grünland/Weide
NS (mm)	1076	1137	819
SW aus 60 cm (mm)	469	527	156
N-Fracht SW (kg/ha)	26	31	6
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	0	16	23
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	15	3	3
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	-184	12	37
N-Saldo (kg/ha)	-186	-16	-10

BDF 39			
Bodenform	Pseudogley aus Fließschuttgrustonschluff		
Bodenart (OB, UB)	Lu, Lu		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterweizen	Silomais	Winterweizen
NS (mm)	1135	1207	875
SW aus 60 cm (mm)	508	626	53
N-Fracht SW (kg/ha)	53	227	6
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	150	180	302
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	138	149	238
N-Saldo (kg/ha)	-32	-188	65

BDF 40			
Bodenform	Parabraunerde-Pseudogley aus sehr schwach Kies führendem Kryoturbatlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut3, Ut4		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	sehr hohe nFKWe, geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterraps	Winterweizen	Hafer
NS (mm)	940	818	776
SW aus 60 cm (mm)	404	250	120
N-Fracht SW (kg/ha)	85	36	13
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	147	180	229
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	140	178	81
N-Saldo (kg/ha)	-69	-26	142

BDF 41			
Bodenform	Fahlerde-Pseudogley aus sehr schwach Kies führendem Kryoturbatlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut3, Ut3		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	extrem hohe nFKWe, mittlere – geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterweizen	Kartoffel	Silomais
NS (mm)	812	893	665
SW aus 60 cm (mm)	213	339	112
N-Fracht SW (kg/ha)	46	46	22
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	222	191	117
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	217	75	262
N-Saldo (kg/ha)	-32	78	-160

BDF 42			
Bodenform	Pseudogley aus schwach Kies führendem Kryoturbatlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Slu, Sl4		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Grünland	Grünland	Grünland
NS (mm)	1167	1068	830
SW aus 60 cm (mm)	517	540	129
N-Fracht SW (kg/ha)	62	97	20
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	371	398	148
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	20	20	25
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	289	280	406
N-Saldo (kg/ha)	46	48	-246

BDF 43 (BDF II)			
Bodenform	Erodierte Pseudogley-Braunerde aus flachem Grus führendem Flieβsandlehm		
Bodenart (OB, UB)	Uls, Ls2		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere – hohe nFKWe, hohe – mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterraps	Winterweizen	Sommergerste
NS (mm)	721	820	637
SW aus 60 cm (mm)	336	334	96
N-Fracht SW (kg/ha)	40	73	17
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	161	189	135
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	108	127	74
N-Saldo (kg/ha)	22	-3	51

BDF 44			
Bodenform	Gley-Vega aus sehr schwach Kies führendem Auenlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Slu, SI3		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	sehr hohe nFKWe, geringe – mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterraps	Winterweizen	Wintergerste
NS (mm)	806	809	701
SW aus 60 cm (mm)	116	206	11
N-Fracht SW (kg/ha)	21	29	2
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	275	182	90
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	162	194	237
N-Saldo (kg/ha)	101	-33	-142

BDF 45			
Bodenform	Lessivierter Braunerde-Pseudogley aus Kies führendem Fließnormallehm		
Bodenart (OB, UB)	Ls3, Ls3		
Bodenregion	Löss- und Sandlösslandschaft		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterweizen	Wintergerste	Winterraps
NS (mm)	806	809	701
SW aus 60 cm (mm)	233	304	119
N-Fracht SW (kg/ha)	38	41	14
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	244	177	236
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	198	148	128
N-Saldo (kg/ha)	17	-4	101

BDF 46			
Bodenform	Braunerde aus Schuttgrus führendem Fließlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Uls, Lu		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Klee	Erbsen	Winterweizen
NS (mm)	1021	1161	857
SW aus 60 cm (mm)	509	668	195
N-Fracht SW (kg/ha)	72	167	54
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	0	0	214
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	202	154	/
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	290	44	89
N-Saldo (kg/ha)	-151	-49	78

BDF 47			
Bodenform	Podsolige Braunerde aus Schuttgrus führendem Flieβsand- lehm		
Bodenart (OB, UB)	Slu, Slu		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, sehr hohe – mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Klee	Klee	Klee
NS (mm)	1158	1256	851
SW aus 60 cm (mm)	563	719	178
N-Fracht SW (kg/ha)	74	119	62
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	189	173	103
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	69	65	40
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	301	298	118
N-Saldo (kg/ha)	-108	-171	-30

BDF 48			
Bodenform	Acker-Braunerde-Podsol aus Grus führendem Kryoturbatsand- lehm		
Bodenart (OB, UB)	Sl4, Sl3		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterroggen	Silomais	Sommergerste
NS (mm)	1091	1152	894
SW aus 60 cm (mm)	491	650	239
N-Fracht SW (kg/ha)	64	104	26
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	152	204	101
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	132	212	86
N-Saldo (kg/ha)	-35	-104	-4

BDF 49 (57)			
Bodenform	Acker-Braunerde-Podsol aus Grus führendem Fließnormallehm		
Bodenart (OB, UB)	Ls2, Ls3		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	geringe nFKWe, sehr hohe – mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Grünland	Grünland	Grünland
NS (mm)	1073	1320	857
SW aus 60 cm (mm)	479	801	267
N-Fracht SW (kg/ha)	47	80	46
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	214	240	227
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	3	15	10
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	40	125	260
N-Saldo (kg/ha)	139	58	-62

BDF 50			
Bodenform	Gley-Pseudogley aus Grus führendem Schwemmlerhschluff		
Bodenart (OB, UB)	Ut3, Ut4		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	hohe nFKWe, mittlere – geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterroggen	Silomais	Sommergerste
NS (mm)	924	975	785
SW aus 60 cm (mm)	330	498	177
N-Fracht SW (kg/ha)	37	70	19
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	159	191	88
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	118	147	88
N-Saldo (kg/ha)	13	-18	-12

BDF 51			
Bodenform	Acker-Braunerde-Podsol aus flachem schwach Grus führendem Fließsandlehm		
Bodenart (OB, UB)	Sl4, Sl4		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, sehr hohe – hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterhafer	Wintergerste	Winterraps
NS (mm)	1082	975	785
SW aus 60 cm (mm)	494	482	203
N-Fracht SW (kg/ha)	72	43	27
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	142	124	168
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	125	194	153
N-Saldo (kg/ha)	-46	-105	-5

BDF 52 (ökologische Bewirtschaftung)			
Bodenform	Humusbraunerde aus Grus führendem Kryoturbatnormallehm		
Bodenart (OB, UB)	Ls2, Ls2		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Hanf	Hanf	Erbsen
NS (mm)	821	756	630
SW aus 60 cm (mm)	287	353	133
N-Fracht SW (kg/ha)	25	38	13
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	0	95	0
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	/	/	88
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	11	6	52
N-Saldo (kg/ha)	-27	59	30

BDF 53			
Bodenform	Acker-Braunerde-Podsol aus flachem Grus führendem Fließsandlehm		
Bodenart (OB, UB)	SI4, SI3		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere – geringe nFKWe, extrem hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Klee	Klee	Klee
NS (mm)	1154	1264	923
SW aus 60 cm (mm)	597	856	245
N-Fracht SW (kg/ha)	85	128	21
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	75	50	k. A.
Symbiotische N-Bindung (kg/ha)	133	129	
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	294	304	k. A.
N-Saldo (kg/ha)	-162	-245	

BDF 54			
Bodenform	Acker-Braunerde-Podsol aus flachem schwach Grus führendem Fließsandlehm		
Bodenart (OB, UB)	SI4, Su3		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere – hohe nFKWe, sehr hohe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterraps	Winterweizen	Winterweizen
NS (mm)	1063	1034	930
SW aus 60 cm (mm)	487	535	255
N-Fracht SW (kg/ha)	87	53	30
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	163	89	63
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	119	118	98
N-Saldo (kg/ha)	-34	-74	-58

BDF 55			
Bodenform	Erodierte Pseudogley-Parabraunerde aus schwach Grus führendem Fließlehmschluff		
Bodenart (OB, UB)	Uls, Ut2		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere nFKWe, mittlere Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Winterraps	Winterweizen	Silomais
NS (mm)	1080	1024	712
SW aus 60 cm (mm)	481	477	141
N-Fracht SW (kg/ha)	45	39	31
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	184	255	236
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	127	108	213
N-Saldo (kg/ha)	21	116	-1

BDF 56			
Bodenform	Podsolige Braunerde aus mittel Grus führendem Fließnormal-lehm		
Bodenart (OB, UB)	Ls2, Ls3		
Bodenregion	Berg- und Hügelländer		
Wasserhaushalt	mittlere – geringe nFKWe, geringe Wasserdurchlässigkeit		
Bewirtschaftungsjahr	2012	2013	2014
Fruchtart	Triticale	Winterroggen	Hafer
NS (mm)	830	920	820
SW aus 60 cm (mm)	289	368	158
N-Fracht SW (kg/ha)	23	22	17
N-Eintrag Düngung (kg/ha)	79	58	86
N-Austrag Ernteprodukte (kg/ha)	50	24	45
N-Saldo (kg/ha)	16	20	31

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg
Das LfULG ist eine nachgeordnete Behörde des
Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft.

Autoren:

Ron Tannert
INL – Privates Institut für Nachhaltige Landbewirtschaftung GmbH
Reilstraße 128, 06114 Halle (Saale)
Telefon: +49 345 2799130
Telefax: +49 345 2799132
E-Mail: ron.tannert@inl-mail.de

Dr. Natalja Barth; Christina Lausch und Anne Beuge
Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Boden, Altlasten
Halsbrücker Straße 31a, 095515 Freiberg
Telefon: +49 3731 294-2801
Telefax: +49 3731 294-115
E-Mail: Natalja.Barth@smul.sachsen.de

Redaktion:

Dr. Natalja Barth
Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Boden, Altlasten
Telefon: +49 3731 294-2801
Telefax: +49 3731 294-115
E-Mail: Natalja.Barth@smul.sachsen.de

Fotos:

Ron Tannert, INL – Privates Institut für Nachhaltige Landbewirtschaftung GmbH

Redaktionsschluss:

24.09.2019

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

*Täglich für
ein gutes Leben.*

www.lfulg.sachsen.de